

**Insulin, Glucagon,
Wachstumshormon, Glucose
und Freie Fettsäuren
im Blut von Kühen der Rassen
Deutsche Schwarzbunte
und Deutsches Fleckvieh
während der Hochlaktation**

Anton Karg

Aus dem Institut für Tierzucht und Tierhygiene
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Lehrstuhl für Tierzucht: Professor Dr. H. Kräußlich
und aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Vorstand: Professor Dr. H. Zucker

Arbeit angefertigt unter der Leitung von
Professor Dr. Dr. habil. F. Graf

Insulin, Glucagon, Wachstumshormon,
Glucose und Freie Fettsäuren im Blut von
Kühen der Rassen Deutsche Schwarzbunte und Deutsches
Fleckvieh während der Hochlaktation.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Anton Karg
aus
Kempten

München 1989

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. M. Rüsse

Referent: Prof. Dr. Dr. habil. F. Graf

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. D.O. Schmid

Tag der Promotion: 24. Februar 1989

**Diese Arbeit wurde aus Mitteln der
H. WILHELM SCHAUMANN-STIFTUNG
unterstützt.**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	8
2. Literatur	10
2.1. Bedeutung der ausgewählten Blutparameter	10
2.1.1. Energiemetabolite	10
2.1.1.1. Glucose	10
2.1.1.2. Freie Fettsäuren	15
2.1.2. Hormone	21
2.1.2.1. Insulin	21
2.1.2.2. Glucagon	26
2.1.2.3. Wachstumshormon	30
2.2. Hormonelle Stoffwechselregulation in der Hochlaktation	37
3. Material und Methodik	40
3.1. Versuchstiere, Haltung und Fütterung	40
3.2. Methodik	41
3.2.1. Versuchsaufbau und Probengewinnung	41
3.2.1.1. Erstellung eines Tagesprofils	41
3.2.1.2. Verlauf zwischen 30. und 47. Laktationstag	42
3.2.2. Probenaufbereitung	42
3.2.3. Bestimmungsmethoden	43
3.2.4. Statistische Methoden	44

	Seite
4. Ergebnisse	45
4.1. Erstellung eines Tagesprofils	45
4.1.1. Tagesmittelwerte	45
4.1.2. Tageszeitliche Schwankungen der Blutparameter	47
4.1.2.1. Glucose	47
4.1.2.2. Freie Fettsäuren	47
4.1.2.3. Insulin	51
4.1.2.4. Glucagon	52
4.1.2.5. Wachstumshormon/STH	53
4.1.2.6. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon	55
4.1.2.7. Konzentrationsverhältnis Insulin : STH	56
4.1.3. Beziehungen zwischen den Blutparametern	63
4.1.4. Metaboliten- und Hormonspiegel bei Tieren verschiedener Leistungsgruppen	63
4.1.4.1. Glucose	65
4.1.4.2. Freie Fettsäuren	66
4.1.4.3. Insulin	66
4.1.4.4. Glucagon	67
4.1.4.5. Wachstumshormon	67
4.1.4.6. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon	68
4.1.4.7. Konzentrationsverhältnis Insulin : STH	68

	Seite
4.2. Verlauf zwischen 30. und 47. Laktations- tag	71
4.2.1. Mittelwerte in der Hochlaktation	71
4.2.2. Metaboliten- und Hormonspiegel im Verlauf der Hochlaktation	71
4.2.2.1. Glucose	71
4.2.2.2. Freie Fettsäuren	72
4.2.2.3. Insulin	74
4.2.2.4. Glucagon	74
4.2.2.5. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glu- cagon	81
4.2.3. Beziehungen zwischen den Blutparame- tern	81
4.2.4. Beziehungen zwischen Blutparametern und Milchleistungsparametern	83
5. Diskussion	85
5.1. Ergebnisse aus dem Tagesprofil	85
5.2. Energiemetaboliten- und Hormonspiegel zwischen 30. und 47. Laktationstag	95
5.3. Folgerungen	99
6. Zusammenfassung	102
7. Summary	104
8. Literaturverzeichnis	106

1. Einleitung

Das entscheidende Kriterium für die Wirtschaftlichkeit einer Milchkuh ist nach wie vor die erbrachte Milchleistung. Die von Rind zu Rind unterschiedliche Milchleistung unterliegt zum einen genetischen, zum anderen umweltbedingten Einflüssen (Blum und Kunz, 1980; Kräußlich, 1981), wobei genetisch bedingte Leistungsunterschiede sowohl zwischen Tieren verschiedener Rassen, als auch innerhalb derselben Rasse bestehen (Gravert, 1980).

Die Fütterung während der Laktation ist der bedeutenste modifizierende Einfluss auf die Milchleistung, eine der erblichen Veranlagung der Kuh angemessene Milchleistung kann nur bei ausreichender Energie- und Nährstoffversorgung erzielt werden. Weitere Einflüsse wie Alter, Zwischenkalbezeit und Körpergröße nehmen eine weniger wichtige Rolle ein (Gravert, 1980).

Betrachtet man die Leistung Milch zu produzieren zellphysiologisch und biochemisch, so ist sie im wesentlichen von zwei Faktoren abhängig:

1. Vom Aufbau des Drüsengewebes, also von Zahl und Funktion der sezernierenden Zellen (Knight und Peaker, 1982; Blum, 1983).
2. Von der Bereitstellung und Aufnahme von Glucose in die Milchdrüse (Bines und Hart, 1978; Collier et al., 1984).

Für letzteres ist beim Wiederkäuer eine ausreichende Glucoseverfügbarkeit von entscheidender Bedeutung, wobei hierzu sowohl eine Zunahme der Gluconeogeneserate als auch eine Reduzierung des endogenen, metabolen Glucoseverbrauches beitragen müssen. Dies, zusammen mit der nötigen Umorientierung des Energie- und Nährstoffflusses vorwiegend zur



Milchdrüse hin, wird maßgeblich von den Pankreashormonen Insulin und Glucagon (Giesecke, 1971; Basset, 1978) sowie durch Somatotropin (Basset, 1978; Brockman und Laarveld, 1986) reguliert.

Das heißt, das stoffwechselregulatorische Zusammenwirken dieser Hormone ist entscheidend für eine weitgehende Aufrechterhaltung der Glucosehomöostase im Blutplasma auch in Stadien hoher Produktivität. (Brockman, 1978; McDowell, 1983). Eine regulierende Wirkung haben diese Hormone auf die Mobilisierung von im Gewebe gespeicherten Energiere-serven, die mit Eintritt in die Laktation, insbesondere bei Hochleistungskühen, mobilisiert werden müssen. (Smith et al., 1976; Meyer, 1983).

Die wechselseitigen Beziehungen und kausalen Zusammenhänge zwischen Merkmalsausprägung, als Resultat einer Stoffwechselleistung, Genen und Umwelt wurden von Giesecke (1981) beschrieben: "Stoffwechselphysiologische Leistungen resultieren aus dem Zusammenwirken von Erbanlagen, Genen und Umwelt. Letztere schafft die äußeren Voraussetzungen für eine mehr oder minder optimale Genexpression, d.h. Synthese von Enzymen, Hormonen und anderen Regelstoffen."

Auch Bines und Hart (1978) und Land et al. (1983) weisen darauf hin, daß die hormonelle Regulation bzw. die Energieverteilung sowohl umweltbedingten Einflüssen, als auch einer genetisch bedingten Variation unterliegt.

Die vorliegende Arbeit soll zu den Kenntnissen über das Zusammenwirken oben erwähnter Hormone einen Beitrag leisten und zum anderen in einem Rassevergleich Hinweise auf genetisch bedingte Unterschiede in der hormonellen Regulation der Energieverteilung aufzeigen.

2. Literatur

2.1. Bedeutung der ausgewählten Blutparameter

2.1.1. Energiemetabolite

2.1.1.1. Glucose

Aufgrund seines Vormagensystems kann der adulte Wiederkäuer nur geringe Mengen von Glucose resorbieren. Die Kohlenhydrate in der Futterration werden vielmehr von den Pansenmikroben zu niedrigen Fettsäuren, hauptsächlich zu Acetat, Propionat und Butyrat abgebaut und schließlich resorbiert (Bergmann, 1973). Jedoch ist beim Wiederkäuer, ebenso wie beim Monogastrier, die Glucose das "essentielle Energiesubstrat" (Giesecke und Stangassinger, 1982) im Zellstoffwechsel vieler Gewebe. So kann der Glucosebedarf nur durch ständige Neusynthese von Glucose, also durch die Gluconeogenese gedeckt werden (Giesecke, 1972). Diese findet hauptsächlich in der Leber statt, wobei als Vorstufen insbesondere Propionat, aber auch Milchsäure, Glycerin und glucoplastische Aminosäuren dienen (Kirchgessner, 1987).

Glucose kann in Form von Glycogen in den peripheren Geweben gespeichert werden, findet Verwendung in der Synthese von Lactose, Mukopolysacchariden, Glycerin und Aminosäuren oder wird zur Energiegewinnung im Zellstoffwechsel herangezogen. Die jeweilige Nutzungsweise wird vor allem über die Pankreashormone Insulin und Glucagon (Brockmann, 1978; McDowell, 1983) sowie über Wachstumshormon, Glucocorticoide und Catecholamine reguliert (McDowell, 1983).

Die Blutglucosewerte liegen beim adulten Wiederkäuer physiologisch tiefer als bei Monogastriern. So gibt Scheu-nert-Trautmann (1976) einen Normalbereich zwischen 40 mg/dl und 60 mg/dl an.

Veränderungen der individuellen Glucosekonzentration in-folge Trockenperiode, Geburt und Laktation wurden von meh-reren Untersuchern ermittelt. Nach Gondesén (1979) und Coe-nen (1979) bleibt der Glucosespiegel während der Trockenper-iode relativ konstant. Infolge des Geburtsstressess kann um den Abkalbetag ein deutlicher Peak in der Glucosekonzentra-tion ermittelt werden (Athanasíou und Phillips, 1978b; Gon-desén, 1979). Danach findet nach allen Autoren ein Abfall des Glucosespiegels in den ersten Laktationswochen, mit ei-nem Minimum etwa 2-3 Wochen p.p. und ein nachfolgender, langsamer Wiederanstieg statt (Furtmayr, 1975; Coenen, 1979; Gondesén, 1979; Kosak, 1980; Veitinger, 1983). Nach Graf (1981) waren die Glucosespiegel von 270 erstlaktieren-den DFV-Kühen erst ab der 2. Laktationswoche deutlich abge-fallen und zeigten bis zur 20. Woche weiterhin fallende Ten-denz.

Der beschriebene Abfall des Blutglucosespiegels post par-tum ist wiederum abhängig von der Energieversorgung bzw. der Höhe der Milchleistung. So stellten Hart und Mitarbei-ter (1978) bei Kühen mit hoher Milchleistung einen deutli-cheren Abfall des Blutglucosespiegels als bei Kühen mit niedriger Milchleistung fest. Kunz et al. (1985) konnten bei Kühen mit energetischer Unterversorgung einen ver-stärkten Abfall des Blutglucosespiegels in den ersten Wo-chen p.p. aufzeigen.

Nach Untersuchungen von Baldwin und Smith (1979) zeigt die Gluconeogeneserate beim Wiederkäuer keine ausgeprägte tageseitliche Schwankungen. So fanden Müller und Mitarbeiter (1982) auch nur geringe Schwankungen in der Blutglukosekonzentration während eines 24-stündigen Untersuchungszeitraumes.

Rassebedingte Unterschiede in der Blutglukosekonzentration konnten tendenziell zwar festgestellt, jedoch nur teilweise statistisch abgesichert werden. So konnte Veitinger (1983) den in jedem Laktationsstadium höheren Glucosespiegel von DFV-Milchkühen gegenüber HF-Kühen nur im Zeitraum von der zweiten bis dritten Laktationswoche statistisch absichern. Hart und Mitarbeiter (1975) ermittelten signifikante Unterschiede zwischen den Blutglukosekonzentrationen zwischen laktierender Kühe einer Fleisch- (Hereford-cross) und einer Milchrasse (Friesian). Hingegen konnten Blum et al. (1983) bei Untersuchungen an Milchkühen der Rassen Holstein, Fleckvieh, Braunvieh und Holstein x Fleckvieh keinen deutlichen Einfluß der Rasse auf den Blutglukosespiegel feststellen. Jedoch konnten die Untersucher zeigen, daß Tiere der Hochleistungsgruppe signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Blutglukosespiegel aufwiesen als Tiere mit geringerer Milchleistung. Diese negative Beziehung zwischen dem Blutglukosespiegel und der Höhe der Milchleistung konnte auch von anderen Autoren statistisch abgesichert werden.

So errechnete Graf(1981), bei Erfassung von 268 erstlaktierenden DFV-Kühen, für die Beziehung zwischen Blutglucosespiegel und Milchleistung (kg) eine negative Korrelation von $r = -0,23$. Auch Gondesén (1979) bzw. Adam (1982) errechneten negative Korrelationen zwischen Milchleistung und Glucosespiegel ($r = -0,20$ bzw. $r = -0,21$).

Angaben über Untersuchungen bezüglich des Anteils der genetisch bedingten Varianz an der Gesamtvarianz der Blutglukosekonzentration sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1: Heritabilitäten für Blutglucosekonzentration

Verfasser	Tiermaterial	Untersuchungszeitraum	h^2	Methode
Rowlands et al., (1974)	231 Kälber von 12 Vätern	9./10./11. Lebenswoche	0,18	HG
Henricson et al., (1977)	je 1 Blutprobe (4. Wo. p.p.) in 1. Laktation		0,27	HG
	342 Töchter von 16 Bullen	2. Laktation	0,37	
	506 Töchter von 20 Bullen	3. Laktation	0,47	
	97 Töchter von 5 Bullen			
Fischer und Sommer (1978)	365 Söhne von	je 1 Blutprobe am Auktionstag	0,42	HG
	34 Bullen			
	262 Söhne von 17 Bullen		0,52	
	354 Söhne von 17 Bullen		0,26	
Gondesen (1979)	11 Töchter- Mutter Paare	a.p. p.p.	0,33 n.n.	TM
Graf (1981)	226 Töchter von 19 Bullen	1 Probe a.p.	0,06	HG
	268 Töchter von 19 Bullen	4 Proben p.p.	0,20	
Adam (1982)	14 Zwillings- paare, weiblich	1.-42. Tag p.p.	0,31	ZW
		ab 42. Tag p.p.	0,32	
Rowlands et al. (1983)	428 Jungbullen von 72 Vätern	jeweils 3 Proben 3 Wochen - 15 Monate	0,41	HG

HG = Halbgeschwisterähnlichkeit

TM = Tochter-Mutter-Regression

ZW = Zwillingsähnlichkeit

2.1.1.2. Freie Fettsäuren

Freie Fettsäuren sind langkettige Monocarbonsäuren und stammen entweder aus der Darmresorption, oder, in wesentlich höheren Maße, aus dem Abbau von Fettgewebe, in dessen Verlauf gespeicherte Triglyceride in Glycerin und Freie Fettsäuren gespalten werden. Die denovo Synthese der Freien Fettsäuren erfolgt beim Wiederkäuer nicht in der Leber, sondern zu über 90% im Fettgewebe (Bauman, 1976). Nach ihrer Freisetzung aus dem Fettgewebe werden die FFS in lockerer Bindung an Albumin zur Leber und zu den extrahepatischen Geweben transportiert (Baldwin und Smith, 1971).

Zwischen der Rückveresterung von FFS und der Lipolyse besteht ein dynamisches Gleichgewicht. So hat eine verstärkte Lipolyse eine verminderte Rückveresterung zur Folge, und umgekehrt (Sidhu und Emery, 1972). Lipolytisch wirken Glukokorticoide (Radloff und Schultz, 1966; Sidhu und Emery, 1972; Blum et al., 1982), sowie Glucagon (Etherton et al., 1977) und Wachstumshormon (Kronfeld, 1965; Vernon und Flint, 1983).

Als antilipolytisches bzw. lipotropes Hormon wirkt Insulin. Es stimuliert sowohl die Lipoprotein-Lipase im Kapillarendothel des Fettgewebes als auch das Enzym Glycerinphosphat-Dehydrogenase (Di Marco et al., 1981). Erhöhte Glycerinphosphat-Dehydrogenaseaktivitäten führen zu einer verstärkten Bildung von Glycerin-3-Phosphat, das zur Rückveresterung von FFS im Fettgewebe benötigt wird. Durch Aktivitätssteigerung der Lipoproteinlipase werden vermehrt Fettsäuren von den Lipoproteinen im Blut abgespalten, die nun die Zellmembran passieren können und somit dem Aufbau von Triglyceriden zur Verfügung stehen (Di Marco et al., 1981).

Die FFS im Blutplasma sind empfindliche Meßfühler für die Belastung des Energiestoffwechsels (Giesecke und Stangasinger, 1982). So ist die FFS-Konzentration bei Milchkühen stark abhängig von endogenen und exogenen Einflüssen auf die Energiebilanz der Tiere, wie etwa Geburt, Laktation, Zeitpunkt der Futteraufnahme und Höhe der Nährstoffzufuhr. Eine Übersicht über FFS-Spiegel bei Milchkühen gibt Tabelle 2 wieder.

Bereits 1966 konnten Radloff und Mitarbeiter tageszeitliche Schwankungen der FFS-Konzentration in Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Futteraufnahme beobachten. Sie ermittelten bei Ziegen kurz vor der Fütterung die höchsten und 2-4 Stunden nach der Futteraufnahme die geringsten FFS-Spiegel im Blutplasma. Ähnliche Ergebnisse stammen aus Untersuchungen an hochlaktierenden HF-Kühen (Vasilatos und Wangness, 1979), wobei signifikant höhere FFS-Konzentration während der Futteraufnahme gegenüber niedrigen Werten zwischen den Freßzeiten, also gegenüber Phasen der Sättigung, festgestellt wurden.

Giesecke und Mitarbeiter (1987a) ermittelten die Konzentration der FFS im Blutplasma von jeweils 7 HF-Tieren mit geringer bzw. hoher täglicher Milchleistung im Sättigungs- (4 h nach Beginn d. Futteraufnahme) und im Nüchternzustand (16 h nach Beginn der Futteraufnahme). In beiden Gruppen stieg die Konzentration der FFS bis 16 h nach der Fütterung signifikant ($p \leq 0,01$) an. Im Nüchternzustand konnte dabei ein deutlicher Einfluß der Milchleistung auf den FFS-Spiegel aufgezeigt werden. Hierbei zeigten die Hochleistungstiere gegenüber den Tieren mit geringerer Leistung signifikant ($p \leq 0,05$) höhere FFS-Konzentrationen. Die Autoren errechneten eine enge Korrelation zwischen Milchleistung und FFS-Spiegel ($r = 0,824$; $p \leq 0,001$).

Tabelle 2: Konzentration der freien Fettsäuren bei Milchkühen

Autor	Tiermaterial	Physiologischer Status bzw. Blutentnahmezeitpunkt	Blutspiegel $\mu\text{mol-COOH/l}$
Radloff et al. 1966	18 HF und 2 Brown Swiss	vor Füttern 2 Wochen a.p. 1 Woche a.p. Geburt 1 Woche p.p. 8 Wochen p.p.	290 $\pm$ 29 512 $\pm$ 94 723 $\pm$ 113 543 $\pm$ 96 303 $\pm$ 37
Hart et al. 1975	1) 3 HF Kühe 2) 3 Hereford- cross Kühe	100. Laktationstag, stündl. Entnahme über 24 h	311,0 $\pm$ 48,3 181,3 $\pm$ 18,9
Athanasiou und Phillips, 1978c	8 HF Kühe	48 stündiges Fasten vor Fasten 24 h n. Beginn d. Fastens 48 h n. Ende d. Fastens	180 900 180
Hart et al. 1978	1) 8 Hochlei- stungstiere 2) 7 Tiere mit geringer Leistung	a) laktierend b) trocken a) laktierend b) trocken	305 161 217 213
Blum et al. 1983	10 Tiere (ver- schiedene Rassen) 1) mit hoher Leistung 2) mit geringer Leistung	a) Tag 0 - 40 p.p. b) 40 - 150 p.p. c) 150 - 305 p.p. a) Tag 0 - 40 p.p. b) 40 - 150 p.p. c) 150 - 350 p.p.	350 190 150 300 160 150
Meyer, 1983	1) 10 HF Kühe 2) 8 DFV Kühe	Tag 24 a.p. 7 p.p. 13 p.p. 27 p.p. Tag 20 a.p. 5 p.p. 11 p.p. 25 p.p.	213 $\pm$ 62 964 $\pm$ 302 1220 $\pm$ 406 696 $\pm$ 244 256 $\pm$ 81 754 $\pm$ 328 929 $\pm$ 374 620 $\pm$ 257

Tabelle 2 (Fortsetzung): Konzentration der freien Fettsäuren bei Milchkühen

Autor	Tiermaterial	Physiologischer Status bzw. Blutentnahmezeitpunkt	Blutspiegel $\mu\text{mol-COOH/l}$
Kunz et al. 1985	Schweizer Braunvieh	ad libitum gefüttert	
	1) 9 Tiere	5. - 60. Tag p.p.	270 $\pm$ 70
		60. - 125. Tag p.p.	120 $\pm$ 10
		Ration mit 75% des Bedarfes	
Giesecke et al. 1987a	HF Milchkühe	2) 8 Tiere	
		5. - 60. Tag p.p.	410 $\pm$ 30
		60. - 125. Tag p.p.	120 $\pm$ 10
		1) 8 Kühe	

Totale bzw. partielle Energierestriktion führt ebenfalls zu einer Erhöhung der FFS-Konzentration im Blutplasma. So beschreiben Athanasiou und Phillips (1978c) einen Anstieg der FFS-Konzentration im Blutplasma auf das Fünffache 24 h nach Beginn einer Fastenperiode bei 8 HF-Kühen.

Erst 48 h nach Ende der zweitägigen Fastenperiode erreichten die gemessenen FFS-Werte wieder das niedrige Niveau der Vorfastenperiode. Kunz und Mitarbeiter (1985) konnten bei 8 restriktiv gefütterten Milchkühen (75% des Bedarfes) in der Hochlaktation um 50% erhöhte FFS-Spiegel gegenüber ad libitum gefütterten Vergleichstieren feststellen. Im weiteren Verlauf der Laktation (60. - 125. Tag p.p.) war die durchschnittliche FFS-Konzentration in beiden Versuchsgruppen jedoch gleich.

Das Verhalten der FFS-Spiegel im Blutplasma in Abhängigkeit vom Laktationsstadium wurde von mehreren Autoren beschrieben. So stellten Radloff und Mitarbeiter (1966) im Rahmen wöchentlicher Blutentnahmen bei HF- bzw. Brown-Swiss-Kühen einen signifikanten ($p \leq 0,05$) Anstieg der FFS-Konzentration während der Hochträchtigkeit mit einem Maximum zum Zeitpunkt der Geburt fest. Auch Athanasiou und Phillips (1978b) bzw. Giesecke und Mitarbeiter (1987c) beschreiben einen signifikanten ($p \leq 0,05$) Anstieg zur Geburt hin. Wobei Giesecke et al. (1987c) auch in den ersten beiden Wochen p.p. noch ansteigende FFS-Konzentrationen beschreiben. Erst ab der 3. Woche p.p. setzte ein signifikanter Abfall der FFS-Spiegel ein. Die den ansteigenden FFS-Blutspiegeln zugrunde liegende gesteigerte Lipidmobilisation ante partum bzw. in den ersten beiden Laktationswochen, kann nach Meinung der Autoren nicht nur mit erhöhten Energieausgaben begründet sein. Dieser gesteigerten Lipidmobilisation dürften vielmehr hormonale Regulationsmechanismen, insbesondere ein Abfall des Insulins zugrunde liegen.

Hart und Mitarbeiter (1975) konnten hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Unterschiede in der FFS-Konzentration zwischen laktierenden Kühen einer Milchrasse (Friesian) und laktierenden Fleischrindern (Hereford-cross) aufzeigen.

Meyer (1983) führte vergleichende Untersuchungen über das Verhalten der FFS in Abhängigkeit von Trockenperiode, Geburt und Hochlaktation an DFV- und HF-Hochleistungskühen durch. Die Konzentration der FFS nahm bei beiden Rassen vom 20. Tag a.p. kontinuierlich zu, erreichte etwa am 12. Tag p.p. ein Maximum und fiel zum 40. Tag p.p. wieder ab. Die HF-Kühe hatten zu allen Entnahmezeitpunkten höhere FFS-Spiegel als die DFV-Kühe; jedoch konnte der Unterschied statistisch nicht abgesichert werden.

Dagegen stellten Blum und Mitarbeiter (1983) bei vergleichenden Untersuchungen der FFS-Spiegel von Milchkühen der Rassen Simmentaler, Brown Swiss, HF und Simmental x HF einen signifikanten ($p \leq 0,01$) Einfluß der Rasse fest. Ohne Berücksichtigung der Rassezugehörigkeit wurden die Kühe in zwei Leistungsklassen eingeteilt. In der Hochlaktation zeigten die Tiere mit hoher täglicher Milchleistung deutlich höhere FFS-Spiegel gegenüber den Tieren mit geringer Leistung. Eine Korrelation zwischen FFS-Konzentration und Milchleistung konnte jedoch nicht errechnet werden.

2.1.2. Hormone

2.1.2.1. Insulin

Einer der wichtigsten Regulatoren des Energiestoffwechsels ist das Peptidhormon Insulin. Es besteht aus 2 Aminosäureketten (A und B), die über Disulfidbrücken in Verbindung stehen. Insulin wird in den β -Zellen des endokrinen Pankreas gebildet.

Die blutzuckersenkende und anabole Wirkung des Insulins beruht auf unterschiedlichen, aber vorwiegend peripher ansetzenden Wirkungsmechanismen:

- In insulinabhängigen Geweben, wie Muskel- und Fettgewebe, wird unter Insulinwirkung eine gesteigerte Aufnahme von Glucose, FFS und Aminosäuren aus dem Blut in diese Gewebe begünstigt (Basset, 1978). Insulin erhöht somit das intrazelluläre Substratangebot für die Energiespeicherung (Buddecke, 1980)
- Unabhängig davon steigert Insulin die Enzymaktivitäten für die Synthese der Energiespeicher Glykogen, Triglyceride und Proteine (Buddecke, 1980)

Beim Monogastrler kommt der Blutglucosekonzentration eine entscheidende Bedeutung in der Regulation der Insulinbiosynthese bzw. Insulinsekretion zu. Im Unterschied dazu beeinflusst beim erwachsenen Wiederkäuer insbesondere der Blutspiegel bestimmter flüchtiger Fettsäuren die Synthese und Sekretion des Insulins (McAtee und Trenkle, 1971; Athanasiou und Phillips, 1978a).

So zeigten McAtee und Trenkle (1971) an hungrigen Ochsen, daß Propionatinfusionen den Insulinspiegel stärker ansteigen ließen als Glucose- bzw. Butyratinfusionen.

Kein Insulinanstieg wurde nach Acetatzufuhr festgestellt, hingegen führten Aminosäureinfusionen zu einer gesteigerten Insulinsekretion (McAtee und Trenkle, 1971). Auch Sartin et al. (1985) konnten bei 5 HF-Hochleistungskühen durch Propionatinfusionen den Insulinspiegel sofort anheben und zwar unabhängig vom Laktationsstadium der Tiere.

Die tageszeitlichen Schwankungen der individuellen Plasmainsulinkonzentration hängen nach Hove und Bloom (1973) hauptsächlich mit der Futteraufnahme zusammen. McAtee und Trenkle (1971) konnten an weiblichen Jungrindern sofort nach beginnender Fütterung einen Anstieg des Insulinspiegels, mit einem Maximum nach ca. 15 min, feststellen. Die ermittelten Insulinwerte sanken 46 bzw. 58 Stunden nach der letzten Fütterung auf ein sehr niedriges Niveau. Auch bei Milchkühen in der Hochlaktation konnte ein Insulinanstieg sofort nach Beginn der Fütterung festgestellt werden. Wie aus Tabelle 3 zu ersehen ist, wurden die höchsten Plasmainsulinkonzentrationen dabei 10 min nach Beginn der Futteraufnahme ermittelt (Vasilatos und Wangsness, 1979).

Die Veränderungen der Plasmainsulinkonzentration im Verlauf der Laktation wurden von mehreren Autoren untersucht. Niedrige Insulinspiegel in der Hochlaktation und mit zunehmender Laktationsdauer ansteigende Plasmainsulinkonzentrationen, verbunden mit höchsten Werten in der Trockenperiode wurden von allen Autoren beschrieben (Smith et al., 1976; Hart et al., 1980; Vasilatos und Wangsness, 1981; Cummins und Sartin, 1987).

Vasilatos und Wangsness (1981) konnten an 5 HF-Milchkühen einen Anstieg der Insulinspiegel von $17,3 \mu\text{U/ml}$ am Tag 30 auf $29,3 \mu\text{U/ml}$ am 90. Laktationstag aufzeigen ($p \leq 0,05$). Parallel zum ermittelten Insulinanstieg sank dabei die Milchleistung der Versuchstiere ab.

Auch Walsh et al. (1980) konnten eine positive Beziehung zwischen Insulinspiegel und Laktationsstadium ($r = 0,37$, $p \leq 0,01$) und eine negative Beziehung zwischen Insulin und erbrachter Tagesmilchmenge aufzeigen ($r = -0,33$, $p \leq 0,01$). Hart und Mitarbeiter (1978, 1980) verglichen jeweils die Plasmainsulinspiegel von leistungsstarken bzw. leistungsschwachen Milchkühen der Rasse Holstein-Friesian. Die Hochleistungstiere hatten gegenüber leistungsschwächeren Tieren einen deutlich niedrigeren Insulinspiegel ($p \leq 0,01$) und eine signifikant verringerte ($p \leq 0,05$) Insulinsekretionsrate.

Erste Rassevergleiche hinsichtlich der Plasmainsulinkonzentration führten Hart und Mitarbeiter bereits 1975 durch. Gegen Ende des 3. Laktationsmonats wurde jeweils an 3 HF bzw. 3 laktierenden Fleischrindern (Hereford-cross) ein 24-Stundenhormonprofil ermittelt. Dabei zeigten die Fleischrinderkühe mit einem Tagesmittelwert von $28,8 \pm 2,6 \mu\text{U/ml}$ einen signifikant ($p \leq 0,001$) höheren Insulinspiegel als die HF-Kühen mit $9,5 \pm 0,9 \mu\text{U/ml}$.

Giesecke und Mitarbeiter (1987b) verglichen die Plasmainsulinspiegel von HF- und DFV-Kühen zweier Hochleistungsherden im Zeitraum von der fünften Woche a.p. bis zur sechsten Woche p.p. Im gesamten Untersuchungszeitraum wiesen die Fleckviehkühe gegenüber den HF-Kühen einen deutlich höheren Insulinspiegel auf. Diese Unterschiede konnten jedoch nur teilweise statistisch abgesichert werden. Zur Milchleistung (100 Tage FCM) ergaben sich nur für die Insulinspiegel der HF-Kühe signifikant negative Beziehungen ($r = -0,88$ bis $r = -0,56$).

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Schwankungsbreite der in verschiedenen Untersuchungen ermittelten Plasmainsulinspiegel bei Milchkühen.

Tabelle 3: Insulinkonzentration bei Milchkühen

Autoren	Tiermaterial	Physiologischer Status bzw. Blutentnahmezeitpunkt	Insulinwerte (mU/l)
Hart et al., 1975	3 HF Kühe 3 HF Hereford- cross Kühe	zwischen 89.-110. Tag p.p.	9,5 ± 0,8 28,8 ± 2,6
Hart et al., 1978	4 Kühe 1) HF mit hoher Leistung 2) Hereford-cross mit geringer Leistung	a) laktierend b) trocken stehend a) laktierend b) trocken stehend	13,0 16,3 29,8 22,6
Vasilatos u. Wangsness 1979	4 HF Kühe	90 Tage p.p. 60 min vor Fütterung 20 min vor Fütterung Fütterung 10 min nach Fütterung 60 min nach Fütterung	21,5 17,1 29,8 33,0 20,6
Vasilatos u. Wangsness 1981	5 HF Kühe	Tag 30 p.p. Tag 90 p.p.	17,3 29,3
Sartin et al., 1985	5 HF Kühe	14 Tage a.p. 5 Tage p.p. 30 Tage p.p.	15,4 4,1 5,7
Cummins u. Sartin, 1987	16 HF Kühe	50. Tag p.p. 100. Tag p.p.	11,4 32,5
Giesecke et al., 1987b	12 HF Kühe 8 DFV Kühe	12 Tage a.p. 12 Tage p.p. 26 Tage p.p. 20 Tage a.p. 12 Tage p.p. 26 Tage p.p.	11,5 ± 5,6 5,0 ± 4,2 4,9 ± 2,5 24,5 ± 17,9 10,5 ± 3,4 13,7 ± 6,4

2.1.2.2. Glucagon

Das Peptidhormon Glucagon wird in den α -Zellen des endokrinen Teils des Pankreas gebildet. Es gilt als Insulinantagonist mit vorwiegend auf die Leber gerichteter Wirkung. So steigert es die Glucoseproduktion durch Stimulierung der Glycogenolyse und der Gluconeogenese. (Unger, 1972; Brockman und Bergman, 1975; Brockman und Johnson, 1977; Brockman, 1978; Gill et al., 1985).

Breits 1970 konnte Basset bei Schafen nach einer Glucagoninfusion einen sofortigen Anstieg der Plasmaglukosekonzentration aber auch der Insulinkonzentration feststellen. Basset vermutet, daß der Anstieg des Antagonisten Insulin einer drohenden Hyperglykämie gegensteuert. Parallel dazu konnte Basset einen Abfall der FFS-Konzentration im Blutplasma dieser Tiere feststellen, was gegen einen direkten lipolytischen Effekt des Glucagons spricht. Auch Brockman (1986) schreibt dem Glucagon keinen bzw. einen nur sehr geringen, lipolytischen Effekt zu.

Glucagon stimuliert über eine Aktivierung der hepatischen Pyruvatcarboxylase, einem Schlüsselenzym der Gluconeogenese (Brockman, 1978), die Glucoseproduktion in der Leber aus Vorstufen, wie glucoplastischen Aminosäuren und Lactat (Brockman et al., 1975).

Nach Untersuchungen von Brockman und Greer (1980) an Schafen wird der Umbau von Propionat in Glucose jedoch nicht vom Glucagon beeinflusst. So reduziert zwar eine Somatostatininfusion die Glucagonfreisetzung, die Glucoseproduktion wird dagegen nur sehr mäßig beeinflusst (Brockman und Greer, 1980). Frühere Untersuchungen von Brockman und Johnson (1977) zeigten an Schafen nach Somatostatininfusion ein

Absinken des Glucagonspiegels (von 150 ± 20 pg/ml auf 90 ± 18 pg/ml), verbunden mit einem Absinken des Blutglucosespiegels (von 82 ± 11 mg/dl auf 70 ± 11 mg/dl), einer reduzierten Glucoseproduktionsrate (64 ± 2 mg/min/kg KGW gegenüber 84 ± 7 mg/min/kg KGW) und ein Absinken des β -Hydroxybutyrat-spiegels von $9,3 \pm 2,2$ mg/dl auf $5,9 \pm 1,2$ mg/dl.

Durch Abzug von Aminosäuren, die unter Glucagonwirkung bei der Glucoseneusynthese verbraucht werden, übt das Glucagon einen indirekten katabolen Einfluß auf den Proteinmetabolismus aus. Glucagon hat jedoch keinen Effekt auf die extrahepatische Aminosäurefreisetzung (Brockman und Bergman, 1975).

Die Sekretionsrate des Glucagons wird sowohl durch den Blutspiegel der Metaboliten Glucose und FFS, als auch durch Gastrointestinalhormone beeinflusst (Brockman, 1978). Daneben konnten Bloom und Edwards (1978) durch Stimulation des Sympathicus bei nebennierenektomierten Kälbern einen Anstieg der Glucagonkonzentration auslösen.

De Jong (1982) konnte an nichtlaktierenden Ziegen zeigen, daß eine Propionat- bzw. Butyratinfusion (jeweils $2,5$ mmol/kg KGW) 5 bis 10 Minuten nach Beginn der Infusion zu einem deutlichen Anstieg des Plasmaglucagonspiegels führt. Ein Abfall der Glucagonkonzentration auf das Ausgangsniveau konnte 30 Minuten nach dem Anstieg ermittelt werden. Infusionen von Acetat bzw. β -Hydroxybutyrat führten zu keinem Anstieg der Plasmaglucagonkonzentration. Auch eine Infusion von Propionat und Butyrat in die Portalvene führte zu einem vorübergehenden Anstieg des Glucagonspiegels, verbunden mit einem Anstieg der Plasmainsulinkonzentration (De Jong, 1982).

Weitere Hinweise, daß die Glucagonsekretion vom Nährstoffangebot abhängig ist, ergeben sich aus den Untersuchungen von De Boer und Mitarbeitern (1985): Ein Futterentzug (54% des Bedarfs) bei 6 hochlaktierenden HF-Kühen führte zum Abfall der Glucagonkonzentration von 187 pg/ml auf 144 pg/ml. Bei späteren Untersuchungen an laktierenden HF-Kühen konnten De Boer et al. (1986) nach Futterrestriktion nur einen geringen, statistisch nicht abgesicherten Abfall des Plasmaglucagonspiegels ermitteln.

Die tageszeitlichen Schwankungen des Plasmaglucagonspiegels in Abhängigkeit von der Fütterung scheinen sehr gering zu sein. So konnten Barnes und Mitarbeiter (1985) weder bei Kälbern, Kalbinnen noch bei laktierenden Jungkühen eine Veränderung der Glucagonkonzentration in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Futteraufnahme feststellen. Hingegen konnten De Boer et al. (1985) bei laktierenden HF-Kühen 3 bis 4 Stunden vor der Fütterung einen geringen Anstieg und 1 bis 2 Stunden nach der Fütterung einen geringen Abfall der Plasmaglucagonkonzentration ermitteln.

Untersuchungen über die Höhe des Glucagonspiegels bei Milchkühen in Abhängigkeit vom Laktationsstadium wurden von mehreren Autoren beschrieben. Herbein und Mitarbeiter (1985) zeigten an 150 HF-Kühen, daß die Plasmaglucagonkonzentrationen im Verlauf einer Laktation weitgehend konstant blieben, wobei ein geringer Anstieg in der Früh-laktation bzw. ein geringer Abfall gegen Ende der Laktation statistisch nicht abgesichert werden konnte. De Boer et al. (1986) ermittelten die Glucagonspiegel von 8 HF-Milchkühen jeweils 2 Monate vor und 3 Wochen nach dem Geburtstermin.

Sowohl die Glucagonkonzentration als auch die Glucagonturnoverrate wurden dabei nicht vom Laktationsstadium beeinflusst. Sartin und Mitarbeiter (1985) konnten an 5 HF-Kühen einen signifikanten ($p \leq 0,02$) Anstieg der Plasmagluca- gonkonzentration in der Früh- laktation ermitteln.

In Tabelle 4 sind ermittelte Glucagonkonzentrationen von Rindern zusammengefaßt.

Tabelle 4: Glucagonkonzentration im Blutplasma von Milchrindern

Autor	Tiermaterial	Physiologischer Status bzw. Blutentnahmezeitpunkt	Blutspiegel pg/ml Plasma
Barnes et. al., 1985	jeweils 6 HF Kühe 1) mit hohem Zuchtwert	Alter:	
		a) 6 Monate	800
		b) 18 Monate	200
	2) mit niedrigem Zuchtwert	c) 24 Monate (nach 1. Kalbung)	200
		a) 6 Monate	2100
		b) 18 Monate	100
De Boer et al., 1985	6 HF Kühe	c) 24 Monate (nach 1. Kalbung)	200
		trockenstehend	155
		Früh- laktation	187
		Futterentzug (54% des Bedarfes) in Hoch- laktation	144
Sartin et al., 1985	5 HF Kühe	14 Tage a.p.	193,4
		5 Tage p.p.	166,3
		30 Tage p.p.	252,0
De Boer et al., 1986	8 HF Kühe	2 Wochen a.p.	109
		3 Wochen p.p.	115
		50% Futterrestriktion	101
		in der Hoch- laktation	

2.1.2.1. Wachstumshormon

Wachstumshormon (STH) wird in den eosinophilen Zellen des Hypophysenvorderlappens gebildet und ist ein sehr artspezifisches Proteohormon.

Die eigentliche Wachstumswirkung des STH erfolgt nicht durch das STH selbst, sondern durch Somatomedine. Somatomedine sind Hormone, deren Bildung in der Leber durch Wachstumshormon, in Anwesenheit von Insulin, stimuliert werden. Sie fördern die Zellproliferation in vielen Geweben (Karg, 1987). So konnte Spencer (1985) höhere Somatomedinspiegel bei schneller wachsenden Schweine- bzw. Rinderrassen feststellen.

Die Art der Beeinflussung des Energiestoffwechsels ist nach Hart (1983) abhängig vom Energiestatus des Tieres. Befindet sich das Tier in einer negativen Energiebilanz, bei gleichzeitigem Insulinmangel, wie dies insbesondere bei Hochleistungskühen in der Hochlaktation auftritt, so überwiegt beim STH, aufgrund des verminderten hepatischen Umbaus (s.o.) vorwiegend die katabole, insbesondere auf das Depotfett gerichtete, Wirkungskomponente (Smith et al., 1976; Hart, 1983). Dagegen wirkt STH bei Tieren mit Energieübersversorgung anabol, insbesondere proteinanabol. Diese proteinanabolen Effekte lassen sich auf eine vermehrte Bildung von Somatomedinen, hauptsächlich einer IGF I-Synthese aus STH in der Leber zurückführen (Karg, 1987).

Zwischen dem STH-Plasmaspiegel der Tiere und deren Trokensubstanz- bzw. Gesamtnährstoffaufnahme besteht sowohl bei Schafen als auch bei Rindern eine negative Beziehung (Basset et al., 1971; Smith et al., 1976). Hove und Blum (1973) verglichen die endogenen STH-Spiegel von energetisch

unterversorgten (90% des Energiebedarfes) Milchkühen mit energetisch bedarfsgerecht gefütterten Kühen einer Kontrollgruppe. Dabei wiesen die Kühe der unterversorgten Gruppe fast doppelt so hohe STH-Konzentrationen wie die der Kontrollgruppe auf. Auch De Boer et al. (1985) beschreiben einen signifikanten Anstieg ($p \leq 0,05$) der STH-Spiegel bei unterversorgten Milchkühen.

Abhängigkeiten der endogenen STH-Konzentration von kurzfristigen Veränderungen im Nährstoffangebot scheinen noch unklar. De Boer und Mitarbeiter (1985) beschreiben große tageszeitliche Schwankungen der STH-Konzentration von 6 HF-Kühen in Abhängigkeit vom Fütterungszeitpunkt, wobei die höchsten STH-Spiegel 2-4 Stunden nach der Morgenfütterung und die geringsten Werte 1-2 Stunden vor der Abendfütterung ermittelt wurden. Dagegen fanden Vasilatos und Wangsness (1979) die niedrigsten Tages-STH-Spiegel 20 Minuten nach der Futteraufnahme. Wird die Verfügbarkeit von Nährstoffen eingeschränkt, so steigt die endogene STH-Konzentration an. So ist bei Kühen 36 Stunden nach Beginn einer Fastenperiode eine ausgeprägter, signifikanter ($p \leq 0,01$) STH-Anstieg festzustellen (Athanasίου und Phillips, 1978c).

Bei Milchkühen regulieren sowohl Insulin als auch STH die Verteilung der Nährstoffe zwischen der Milchdrüse und den extramammären Geweben (Brockman und Laarveld, 1986). So steigern hohe STH-Spiegel, verbunden mit geringen Plasmainsulinspiegeln die Gluconeogeneserate. Dadurch und durch Verminderung der extramammären Nährstoffaufnahme stehen der Milchdrüse mehr Glucose bzw. Vorstufenprodukte zur Milchbildung zur Verfügung (Blum und Kunz, 1980; Hart et al., 1975; Hart et al., 1978; Brockman und Laarveld, 1986).

Rechnerische Beziehungen zwischen STH-Konzentrationen in Milchkühen und deren Milchleistung wurden von mehreren Autoren untersucht. Sowohl Koprowski und Tucker (1973) als auch Herbein und Mitarbeiter (1985) ermittelten an 26 bzw. 150 HF-Kühen während einer Laktationsperiode geringe, positive Beziehungen zwischen der STH-Plasmakonzentration und der Milchleistung.

Diese Beziehungen konnten jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Auch Hart et al. (1979) errechneten nicht signifikante, positive Beziehungen zwischen STH-Spiegel und Milchleistung ($r = 0,52$ bis $r = 0,74$, n.s.).

Jedoch konnten Hart und Mitarbeiter (1975) bei 3 hochleistenden HF-Kühen signifikant höhere ($p \leq 0,05$) STH-Spiegel als bei wenig milchproduzierenden, mehr fleischbetonten Hereford-Kreuzungstieren ermitteln. Weitere Untersuchungen der gleichen Autoren (1978; 1980) zeigten in allen Laktationsstadien, einschließlich der Trockenperiode, bei den hochleistenden HF-Kühen signifikant höhere STH-Spiegel, verbunden mit einer höheren STH-Sekretionsrate als bei den Hereford-Kreuzungen mit geringer Milchleistung

(HF $1,58 \mu\text{g}/\text{min}/100\text{kg}$; Hereford $0,68 \mu\text{g}/\text{min}/100\text{kg}$). Ein in der Trockenperiode beobachteter Abfall der STH-Konzentration (Hart et al., 1978) bzw. der STH-Sekretionsrate (Hart et al., 1980) war bei den Hochleistungskühen deutlicher ausgeprägt. Genaue Daten hierüber und weitere Ergebnisse zu endogenen STH-Spiegeln bei Milchkühen sind in Tabelle 5 zusammengestellt.

Tabelle 5: STH Konzentration im Blutplasma von Milchkühen

Autor	Tiermaterial	Blutentnahmezeitpunkt bzw. physiologischer Status	STH ng/ml Plasma
Hart et al., 1975	3 HF Hochlei- stungskühe	jeweils am 100 Laktationstag stündliche Entnahme über 48 h	4,2 ± 0,5
	3 Hereford- cross		1,5 ± 0,2
Smith et al., 1976	24 HF	Blutentnahme im Abstand von 3 Tagen, 6-7 h nach der Fütterung	
		1 - 20 Tag p.p.	19,3 ± 1,0
		21 - 40 Tag p.p.	16,4 ± 1,2
		41 - 56 Tag p.p.	13,6 ± 1,1
Athanasίου und Phillips 1978	8 HF	30. Tag p.p. vor Fasten	20
		36 h nach Beginn des Fastens	33,5
Hart et al., 1978 c	4 HF mit hoher Leistung	a) laktierend	6,96
		b) trockenstehend	2,25
	4 Hereford-cross mit geringer Leistung	a) laktierend	3,05
		b) trockenstehend	1,90
Vasilatos und Wangsness, 1981	5 HF	10 minütiger Entnahmeabstand über 24 h	
		30. Tag p.p.	13,2
		90. Tag p.p.	9,8
De Boer et al., 1985	6 HF	24 h-Profil, stündliche Entnahme	
		Trockenperiode	4,03 ± 0,45
		Frühlaktation	4,69 ± 0,45
Sartin et al., 1985	5 HF	einmalige Entnahme	
		14 Tage a.p.	2,4
		5 Tage p.p.	3,4
		30 Tage p.p.	3,5
Cummins und Sartin, 1987	8 HF	einmalige Entnahme 50 Tage p.p.	6,1 ± 0,5

Abhängigkeiten des Plasma-STH-Spiegels vom Laktationsstadium wurden von Koprowski und Tucker (1973) beschrieben. Sie konnten an 26 HF-Kühen einen linearen Abfall der STH-Konzentrationen im Verlauf der Laktation ermitteln ($p \leq 0,01$). Auch Smith und Mitarbeiter (1976) konnten bei Untersuchungen an 24 HF-Kühen, im Zeitraum vom ersten bis 56. Laktationstag, einen signifikanten ($p \leq 0,05$) Abfall der STH-Spiegel feststellen. Athanasiou und Phillips (1978b) ermittelten bei 20 HF-Kühen 20 Tage a.p. eine durchschnittliche STH-Konzentration von $24,4 \pm 2,5$ ng/ml, mit einem deutlichen Anstieg am Tag der Geburt (32 ± 8 ng/ml), gefolgt von einem signifikanten Abfall der STH-Konzentration bis zum Tag 9 nach der Geburt ($19,3 \pm 3,7$ ng/ml). Bei Untersuchungen von Sartin et al. (1985) bzw. Kunz et al. (1985) an HF-Kühen bzw. Schweizer Braunvieh/Brown Swiss-Kühen wurden jeweils niedrige STH-Spiegel in der Trockenperiode, gefolgt von einem deutlichen Anstieg zur Geburt hin ermittelt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Athanasiou und Phillips (1978b) stellten jedoch beide Untersuchergruppen einen signifikanten STH-Anstieg in der Früh-laktation gegenüber der Trockenperiode fest.

Versuche in denen Milchkühen exogenes bovines Somatotropin (BST) injiziert wurde, bestätigen die bereits erwähnten Zusammenhänge zwischen hohem endogenen STH-Spiegel und hoher Milchleistung. Bereits 1937 beschrieben Asimov und Krouze die milchleistungssteigernde Wirkung einer Injektion von Hypophysenextrakt. Auch durch Verabreichung von hochgereinigtem bzw. gentechnisch gewonnenem BST konnten Milchleistungssteigerungen erreicht werden (Machlin, 1973; Bines et al., 1980; Peel et al., 1981; Bauman et al., 1985).

Die niedrigste wirksame Tagesdosis liegt bei 20 IE BST. Maximale Effekte wurden bei 50 IE/Tag erzielt (Karg und Mayer, 1987). Die milchleistungssteigernde Wirkung von exogenem injiziertem BST ist mit fortschreitender Laktation ausgeprägter (Peel et al., 1983; Karg und Mayer, 1987).

Nach Machlin (1973) und Bines et al. (1980) blieb die Milchezusammensetzung hinsichtlich des Fett-, Eiweiß-, und Lactoseanteils nach BST-Applikation trotz deutlicher Erhöhung der Milchmenge unverändert. Im Gegensatz dazu beschreiben Bauman und Mitarbeiter (1980) nach BST-Injektion eine Erhöhung des Fett- und Lactosegehaltes in der Milch bei gleichzeitig, reduzierten Eiweißgehalt.

Einige Daten über Art, Zeitpunkt und Erfolg der Anwendung von exogenem BST gibt Tabelle 6 wieder.

Tabelle 6: Milchleistungssteigerung nach BST Behandlung

Tiermaterial	Dosis	Dauer	Laktationsphase	Mehrproduktion %			Autoren
				Milch	Fett	Protein Lactose	
4 HF Kühe	30 IE/d	(a) 4 Tage	-	10	nicht genannt		Machlin, 1973
	33 IE/d	(a) 10 Tage	-	18			
2 HF Kühe 2 Hereford	30 IE/d	(a) 7 Tage	7. Monat	12,5	8,1	14,5	Bines et al., 1980
	30 IE/d	(a) 7 Tage	7. Monat	17,1	50,6	12,5 12,8 18,5	
10 HF Kühe	51,5 IE/d (a)	11 Tage	74. Tag	9,5	22,7	4,7 14,5	Peel et al., 1981
4 HF Kühe	52 IE/d	(a) 12 Tage	12. Woche	15	17	14	Peel et al., 1983
	52 IE/d	(a) 12 Tage	35. Woche	31	12	18 21 35	
7 DFV Kühe	500 mg/14d (b)	70 Tage	10.-19. Woche	13,1	23,6	6,5 14,2	Dennhöfer, 1988
7 DFV Kühe	500 mg/14d (b)	70 Tage	24.-33. Woche	18,9	24,5	15,5 20,1	

a = hypophysäres BST
b = rekombiniertes BST

2.2. Hormonelle Stoffwechselregulation in der Hochlaktation

Das erste Laktationsdrittel stellt für Hochleistungskühe eine sehr extreme stoffwechselphysiologische Belastung dar: Hohe tägliche Milchleistung bedingt sehr hohe Glucose- bzw. Nährstoffverluste für den Organismus und führt damit zu einer starken Steigerung des Nährstoffbedarfes (Stöber und Dirksen, 1981; Blum, 1983). Da in der Früh-laktation die Steigerung des Futteraufnahmevermögens nicht Schritt halten kann mit dem Anstieg der Milchleistung (Bines und Hart, 1982; Giesecke, 1984), und nach Untersuchungen von Hart und Mitarbeitern (1978) Hochleistungskühe keine höhere Verdaulichkeit der Nährstoffration und nur sehr geringe Unterschiede in der Zusammensetzung der Pansenflora, somit auch nur geringe Unterschiede in der Fettsäurenproduktion gegenüber Kühen mit geringer Leistung aufweisen, müssen Hochleistungskühe Körperreserven mobilisieren. Sie befinden sich in einer negativen Energiebilanz (Bauman und Currie, 1980; Vasilatos und Wangsness, 1981; Blum, 1983).

Nach Untersuchungen von McNamara und Hillers (1986a) ist das genetische Potential für hohe Milchleistung eng gebunden an die Fähigkeit einer starken Fettgewebsmobilisierung. So zeigen genetisch hoch veranlagte Milchkühe bereits in der Trockenperiode eine um 28% erhöhte Lipolyserate gegenüber den Vergleichstieren (McNamara und Hillers, 1986b).

In der Hochlaktation weisen Hochleistungskühe gegenüber Kühen mit schlechter Milchleistung signifikant höhere STH-Spiegel, FFS-Spiegel und β -Hydroxybutyratkonzentrationen im Blutplasma auf, verbunden mit niedrigen Insulin- und Glucoseblutspiegeln (Hart et al., 1975; Hart et al., 1978).

Insbesondere das Insulin scheint der primäre hormonale Regulator des Energiestoffwechsels beim Wiederkäuer zu sein (Brockman und Laarveld, 1986). So haben ansteigende Insulinspiegel bei laktierenden Kühen eine Senkung der Milchmenge zur Folge, wobei dieser Effekt darauf beruht, daß über die insulinbedingte Senkung des Blutglucosespiegels für die Milchdrüse weniger Glucose zur Lactosebildung zur Verfügung steht (Hart et al., 1975). Bereits 1973 konnten Korpowski und Tucker eine signifikant ($p \leq 0,01$) negative Beziehung zwischen Insulinspiegel und täglicher Milchleistung ermitteln ($r = -0,21$ bzw. $r = -0,35$).

Umgekehrt ist eine herabgesetzte Insulinaktivität bei gleichzeitig hohem STH-Plasmaspiegel, d.h. ein Absinken des Quotienten Insulinkonzentration/STH-Konzentration, Voraussetzung für eine hohe tägliche Milchleistung (Smith et al., 1976; Giesecke, 1981). Hierbei kommt es zu diabetesartigen Folgeerscheinungen, insbesondere einer gesteigerten Fettgewebsmobilisierung mit einem Anstieg der FFS- und β -Hydroxybutyratkonzentration im Blutplasma, wobei in der Folge einerseits der oxidative Verbrauch von Glucose reduziert und andererseits die Verfügbarkeit von Substraten für die Gluconeogenese erhöht und dadurch die Glucoseverfügbarkeit gesteigert wird (Giesecke, 1981; De Boer et al., 1985; De

Boer et al., 1986). Eine dabei zu erwartende Hyperglykämie tritt nicht auf, weil die Plasmaglucoſe von der Milchdrüſe für eine geſteigerte Milchsyntheſe abgezogen wird (Gieseke, 1981).

Dieſe Stoffwechſelmechanismen werden unterſtützt, bzw. in ihrer Wirkung verſtärkt durch einen Anſtieg der Glucagonkonzentration und einen Abfall der Plasmainsulinkonzentration. Bei Stoffwechſelsituationen mit Energiedefizit, wie ſie in der Hochlaktation zwingend auftreten, hat ein Abſinken des Quotienten Insulinspiegel/Glucagonſpiegel eine Steigerung der Gluconeogeneserate bei gleichzeitiger Begrenzung der peripheren Glucoſeutiliſation zur Folge (Unger, 1972; Bines und Hart, 1978; De Boer et al., 1985; De Boer et al., 1986).

3. Material und Methodik

3.1. Versuchstiere, Haltung und Fütterung

Als Versuchstiere standen 16 DSB- und 20 DFV-Kühe aus der Herde des Lehr- und Versuchsgutes in Oberschleißheim zur Verfügung.

Alle Tiere befanden sich im Untersuchungszeitraum von Oktober 1986 bis Ende April 1987 in der ersten Laktation. Die Rinder wurden freilaufend im Mehrraumlaufstall mit Tiefstreulager und Laufhof gehalten. Heu und ein Gemisch aus Mais- und Grassilage (Mais/Gras = ca. 4:1) stand den Tieren zur freien Aufnahme zur Verfügung. Der Zeitpunkt der Hauptfutteraufnahme lag zwischen 8.30 Uhr und ca. 10.00 Uhr. Zusätzlich erhielten die Kühe pro 2,2 kg Milch, die über 15 kg erbracht wurden, jeweils 1 kg Milchleistungsfutter. Dieses Leistungsfutter wurde in zwei gleichen Portionen jeweils unmittelbar vor dem Melken angeboten. Die Melkzeiten lagen bei 4 - 6 Uhr morgens und 15 - 17 Uhr abends.

Angaben über die Milchleistung der Versuchstiere sind in Tabelle 7 aufgezeigt.

Tabelle 7: Milchleistung der Versuchstiere (Einsatzleistung nach MLP-Daten), getrennt nach Rasse

Parameter	DFV (n = 20) $\bar{x} \pm s$	DSB (n = 16) $\bar{x} \pm s$	Rassenunterschiede
Milch in (kg)	17,5 $\pm$ 3,46	23,8 $\pm$ 3,08	xxx
FCM (kg)	17,6 $\pm$ 4,1	23,8 $\pm$ 3,44	xxx
Fett (%)	4,01 $\pm$ 0,45	4,00 $\pm$ 0,42	n.s.
Eiweiß (%)	3,25 $\pm$ 0,24	2,85 $\pm$ 0,11	xxx
Fett (kg)	0,71 $\pm$ 0,19	0,95 $\pm$ 0,16	xxx
Eiweiß (kg)	0,57 $\pm$ 0,1	0,68 $\pm$ 0,08	xxx

3.2. Methodik

3.2.1. Versuchsaufbau und Probengewinnung

3.2.1.1. Erstellung eines Tagesprofils

Dieser Versuch wurde an 12 DFV- und 13 DSB-Tieren jeweils um den 30. Laktationstag (± 2 Tage) durchgeführt.

Um Streßsituationen weitgehend zu vermeiden, wurden die Tiere am Versuchstag paarweise bzw. in Dreiergruppen in einer separaten Laufbox, die jedoch im Herdenlaufstall integriert war, aufgestellt.

Nach dem Morgenmelken wurde um 7.00 Uhr ein Dauerkatheter (Stericath; Fa. Vygon, Aachen) in die V. jugularis gelegt und mit Klebeband am Hals des Tieres fixiert. Ab 8.00 Uhr wurde im Abstand von 30 min bis 14.30 Uhr und nochmals um 15.30 Uhr jeweils eine Blutprobe (P1) mittels stabilisatorbeschickter Monovette (10 ml - Serummonovette; Fa. Sarstedt, Nümbrecht) entnommen.

Zusätzliche Probenentnahmen (P2) mittels aprotininhaltiger Monovette (6-ml EDTA-Monovette; beschickt mit 0,2 ml Trasylol*), (P3) mittels heparinbeschichteter Monovette (10 ml NH_4 - Heparin Monovette) und (P4) mittels EDTA-haltiger Monovette (EDTA-Monovette) erfolgten um 8.00 Uhr, 9.30 Uhr, 11.00 Uhr, 12.30 Uhr, 13.00 Uhr, 13.30 Uhr, 14.00 Uhr, 14.30 Uhr und 15.30 Uhr. Wobei die letzte Blutentnahme 5 - 10 Minuten nach dem Melken stattfand.

* 0,2 ml Trasylol = 0,56 mg Aprotinin
 $\hat{=}$ 4000 Kallikreininaktivatoreinheiten
 als Proteininhibitor

Nach jeder Entnahme wurde der Katheter mit einem Gerinnungshemmer (3,5% Na-citrat, Fa. Fresenius) aufgefüllt, so daß bei jeder folgenden Blutentnahme der erste Teil (ca. 2 ml) des Aspirats verworfen werden mußte.

3.2.1.2. Verlauf zwischen 30. und 47. Laktationstag

Bei 20 DFV- und 16 DSB-Tieren wurden die Hormon- bzw. Metabolitenkonzentration im Verlauf der Hochlaktation bestimmt. Zwischen dem 30. und 47. Laktationstag (± 2 Tage) wurde in gleichmäßigen Abständen von 3 bzw. 4 Tagen und dabei jeweils um 14 Uhr (± 10 min) jedem Tier durch Punktion der V. jugularis (TSK-Supra-Einmalkanülen, 2,0 x 80 mm) insgesamt 6 mal Blut, zur Gewinnung von P2-, P3- und P4-Proben (s. 3.2.1.1.), entnommen.

3.2.2. Probenaufbereitung

Nach erfolgter Blutentnahme wurden die Proben sofort 20 Minuten im Eisbad gekühlt und anschließend 15 min bei 3600 g und 4°C zentrifugiert.

Das so gewonnene Plasma wurde in folgender Weise bei mindestens -18°C gelagert:

- für die Bestimmung von STH: Plasma der Probe 1 (P1) in Kunststoffröhrchen (Fa. Sarstedt, Nümbrecht)
- für die Bestimmung von Insulin und Glucagon:
Plasma der Probe 2 (P2) in Kunststoffcups (Fa. Eppendorf).
- für die Bestimmung der Glucose:
Plasma der Probe 3 (P3) in Aufbewahrungsröhrchen (Enghals-Kautex-Fläschen, Fa. Wagner und Munz)
- für die Bestimmung der FFS:
Plasma der Probe 4 (P4) in Aufbewahrungsröhrchen (Enghals-Kautex-Fläschen, Fa. Wagner und Munz)

3.2.3. Bestimmungsmethoden

Die Glucosebestimmung wurde nach der Hexokinasemethode (Test - Combination - Glucose ^R, Fa. Boehringer, Mannheim) durchgeführt.

Die Konzentration der FFS wurde mit einem enzymatischen Farbtest (Nefa-C-Test ^R, Fa. Wako Chemicals, Düsseldorf) bestimmt.

Die Überprüfung der Richtigkeit erfolgte mit kommerziellen Testseren der Firmen Boehringer und Wako Chemicals. Die Präzision wurde mittels selbsthergestellten Poolplasmas kontrolliert.

Die Bestimmung von STH erfolgte im Institut für Physiologie der Süddeutschen Versuchs- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Weißenstephan der Technischen Universität München-Weißenstephan mittels Radioimmunassay (Kirchgessner et al., 1987).

Die Insulin- und Glucagonbestimmungen wurden im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie durchgeführt.

Die Konzentration der Hormone Insulin und Glucagon im Blutplasma wurde jeweils über einen spezifischen Radioimmuntest (INSIK-5, Isotopen Diagnostic ICS, Dreieich; RSL-Glucagon-Kit, DRG-Instruments, Marburg) mittels Doppel-Antikörper-Technik bestimmt. Der von der Standardkurve abgedeckte Konzentrationsbereich lag für Insulin bei 5-200 mU/l und für Glucagon bei 25-2000 ng/l.

3.2.4. Statistische Methoden

Alle Berechnungen wurden auf der EDV-Anlage des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten durchgeführt. Für die statistischen Auswertungen wurde das Programmpaket SAS verwendet.

4. Ergebnisse

4.1. Erstellung eines Tagesprofils

4.1.1. Tagesmittelwerte

Mittelwerte und Standardabweichungen der untersuchten Metaboliten- bzw. Hormonspiegel und der errechneten Hormonkonzentrationsverhältnisse sind in Tabelle 8 wiedergegeben. Sowohl das Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon als auch das Konzentrationsverhältnis Insulin : STH wurde jeweils als Quotient der molaren Konzentrationen berechnet. Dabei wurden folgende Umrechnungen zugrunde gelegt:

1 mU Insulin = 6,95 pmol; 1 ng Glucagon = 0,29 pmol;

1 µg STH = 45,45 pmol.

Die DFV-Kühe zeigten gegenüber den DSB-Kühen signifikant ($p \leq 0,01$) höhere Plasmaglucose Spiegel und Plasmainsulinkonzentrationen, verbunden mit signifikant ($p \leq 0,001$) niedrigeren Blutspiegeln der FFS und des Wachstumshormons. Die geringfügig höhere Glucagonkonzentration der DSB-Tiere konnte statistisch nicht abgesichert werden.

Die errechneten Hormonkonzentrationsverhältnisse Insulin/Glucagon und Insulin/STH zeigten bei den DFV-Kühen deutlich ($p < 0,01$) höhere Werte als bei den DSB.

Tabelle 8: Tagesmittelwerte am 30. Laktationstag (errechnet aus Proben um 8.00, 9.30, 11.00, 12.30, 14.00, 15.30 Uhr) getrennt nach Rassen

Parameter	DFV (n = 12)		DSB (n = 13)		Signifikanz d. Differenz
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Glucose (mmol/l)	3,51	0,34	3,08	0,35	**
FFS (mmol/l)	0,17	0,08	0,40	0,14	***
Insulin (mU/l)	10,66	4,38	6,88	3,21	*
Glucagon (ng/l)	486	145	520	132	n.s.
STH (μ g/l)	8,23	2,43	12,97	2,80	***
Insulin Glucagon	0,56	0,28	0,32	0,15	*
Insulin STH	0,230	0,160	0,095	0,060	**

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

*** $p < 0,001$

4.1.2 . Tageszeitliche Schwankungen der Blutparameter

4.1.2.1. Glucose

Die Plasmaglukosekonzentrationen mit Standardabweichungen sind für jeden Entnahmezeitpunkt, nach Rassen getrennt, in Tabelle 9 aufgeführt. In Abb. 1 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Zu jedem Entnahmezeitpunkt wiesen die DFV-Tiere eine höhere durchschnittliche Plasmaglukosekonzentration als die DSB-Tiere auf. Um 8 Uhr, 11 Uhr, 13 Uhr, 13.30 Uhr und 15.30 Uhr konnten diese Unterschiede zwischen den Rassen statistisch abgesichert werden.

Die tageszeitlichen Schwankungen des Glucosespiegels waren bei den DSB-Rindern sehr gering (Minimum um 11 Uhr mit $3,04 \pm 0,46$ mmol/l, Maximum um 14.30 Uhr mit $3,16 \pm 0,46$ mmol/l). Hingegen zeigten die DFV-Kühe größere tageszeitliche Schwankungen im Glucosespiegel mit jeweils maximalen Werten um 8 Uhr und um 15.30 Uhr.

4.1.2.2. Freie Fettsäuren

In Tabelle 9 sind die Mittelwerte der FFS-Plasmaspiegel und die Standardabweichungen, getrennt nach Entnahmezeitpunkt und Rasse, aufgeführt. In Abb. 2 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Die DSB-Kühe wiesen zu jedem Entnahmezeitpunkt signifikant ($p < 0,01$, bzw. $p < 0,001$) höhere FFS-Spiegel im Blutplasma als die DFV-Kühe auf.

Tabelle 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Energiemetaboliten zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten

Ent- nahme zeit	Glucose (mmol/l)				FPS (mmol/l)			
	DFV (n = 12)	DSB (n = 13)			DFV (n = 12)	DSB (n = 13)		
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	s
8.00	3,71	3,12	0,40	0,49	0,23	0,56	0,10	0,31
				**				**
9.30	3,39	3,11	0,39	0,58	0,14	0,29	0,08	0,12
				n.s.				**
11.00	3,49	3,04	0,29	0,46	0,12	0,33	0,08	0,16
				**				***
12.30	3,29	3,08	0,42	0,34	0,13	0,35	0,09	0,16
				n.s.				***
13.00	3,46	3,08	0,43	0,42	0,15	0,36	0,08	0,15
				*				***
13.30	3,46	3,09	0,28	0,39	0,16	0,40	0,11	0,16
				*				***
14.00	3,45	3,10	0,37	0,51	0,17	0,41	0,11	0,15
				n.s.				***
14.30	3,49	3,16	0,41	0,46	0,18	0,44	0,13	0,19
				n.s.				***
15.30	3,68	3,04	0,49	0,37	0,24	0,46	0,15	0,16
				**				**

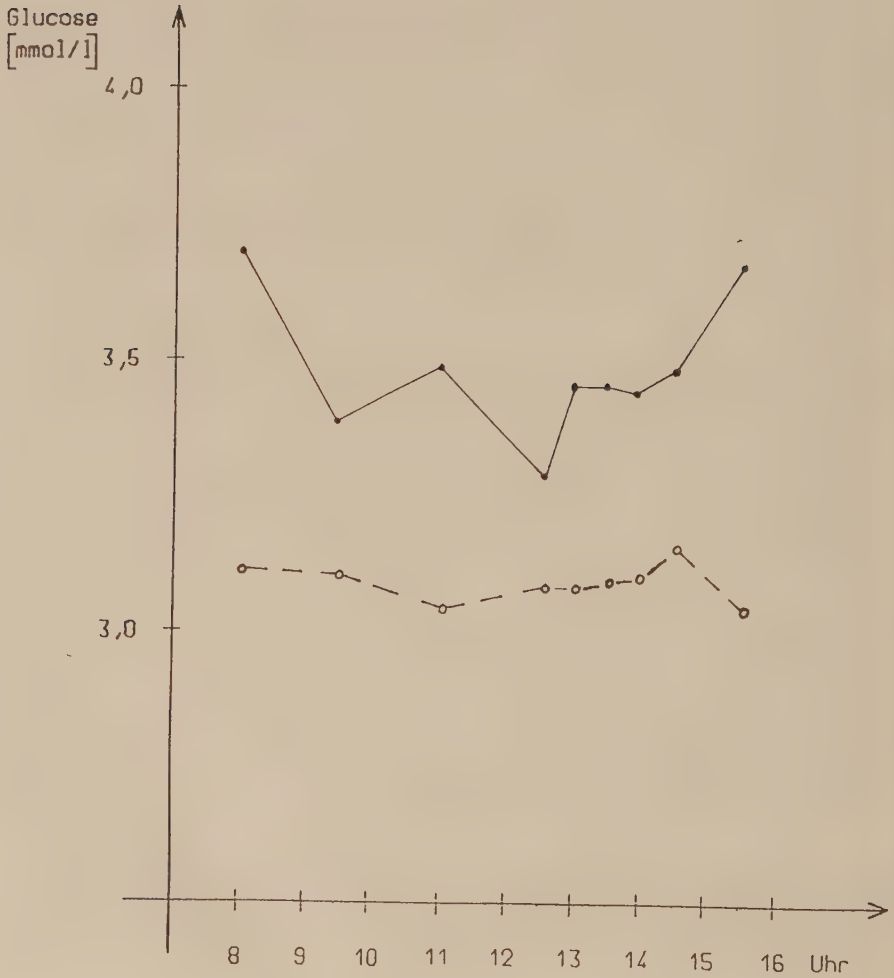


Abb. 1: Tagesverlauf der Plasmaglukosekonzentration
am 30. (+2) Laktationstag: —●— DFV (n=12)
—○— DSB (n=13)

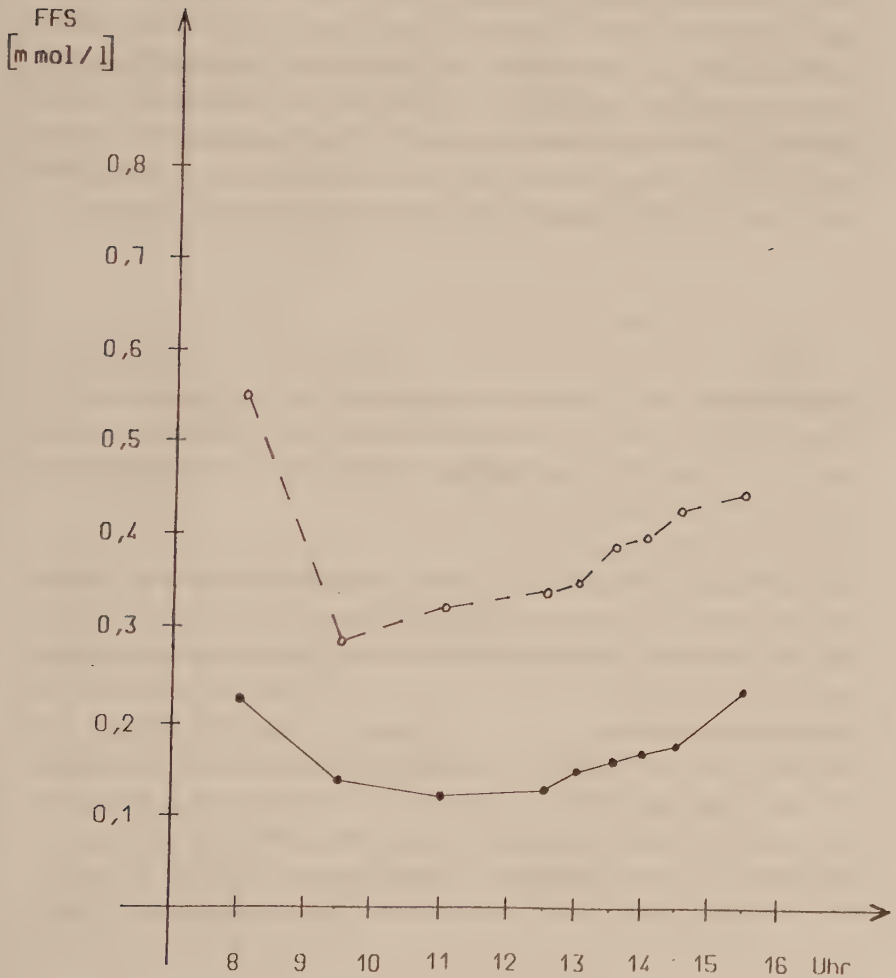


Abb. 2: Tagesverlauf der FFS am 30. (+2) Laktationstag

—●— DFV (n=12)

—○— DSB (n=13)

Die tageszeitlichen Schwankungen der FFS-Konzentration zeigten bei beiden Rassen einen annähernd parallelen Verlauf. Bei den DFV-Kühen fielen die FFS signifikant ($p \leq 0,05$) von $0,23 \pm 0,1$ mmol/l um 8 Uhr auf ein Minimum von $0,12 \pm 0,08$ mmol/l um 11 Uhr, stiegen danach kontinuierlich an und erreichten um 15.30 ein Maximum von $0,24 \pm 0,15$ mmol/l. Dementsprechend konnte bei den DSB-Kühen ein signifikanter Abfall ($p \leq 0,05$) von $0,56 \pm 0,31$ mmol/l um 8 Uhr auf ein Minimum von $0,29 \pm 0,12$ mmol/l um 9.30 Uhr, gefolgt von einem kontinuierlichen Anstieg der FFS-Konzentration auf einen Wert von $0,46 \pm 0,16$ mmol/l um 15.30 Uhr ermittelt werden.

4.1.2.3. Insulin

Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmainsulinkonzentration sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 10 aufgeführt und in Abb. 3 graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Die DFV-Tiere wiesen zu jedem Entnahmezeitpunkt höhere Plasmainsulinspiegel als die DSB-Tiere auf. Dieser Unterschied zwischen den Rassen konnte, mit Ausnahme der Entnahmezeitpunkte 14 Uhr, 14.30 Uhr und 15.30 Uhr statistisch abgesichert werden.

Im Tagesverlauf zeigten die Plasma-Insulinkurven beider Rassen, insbesondere in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes, einen parallelen Verlauf.

Bei den DFV-Tieren zeigte sich vom 8 Uhr Wert ($10,9 \pm 4,0$ mU/l) ein Anstieg auf einen Maximalwert von $13,0 \pm 6,5$ mU/l

um 9.30 Uhr, gefolgt von einem Abfall der Insulinkonzentration auf $10,0 \pm 6,3$ mU/l um 12.30 Uhr. Im weiteren Verlauf zeigte sich keine eindeutige Tendenz. Ein Tagesminimum von $8,7 \pm 3,4$ mU/l wurde um 14 Uhr ermittelt.

Auch bei den DSB-Tieren zeigte sich zu Beginn der Untersuchung ein Anstieg auf einen Tagesmaximalwert um 9.30 Uhr ($8,1 \pm 4,6$ mU/l), wiederum gefolgt von einem Absinken des Insulinspiegels auf ein Tagesminimum von $5,8 \pm 2,7$ mU/l um 12.30 Uhr. Danach ist ein leichter Anstieg der Insulinkonzentration bis auf $7,4 \pm 3,7$ mU/l um 15.30 festzustellen.

4.1.2.4 Glucagon

Mittelwerte und Standardabweichungen der Plasmagluconkonzentration sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 10 aufgeführt. In Abb. 4 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Unterschiede in der Plasmagluconkonzentration zwischen den beiden Rassen konnten nur um 8 Uhr und 9.30 Uhr festgestellt, jedoch nicht statistisch abgesichert werden. Danach lagen die Plasmagluconspiegel beider Rassen etwa auf dem gleichen Niveau.

Bei den DFV-Kühen konnte ein kontinuierlicher Anstieg von 411 ± 120 ng/l (8 Uhr Wert) auf 538 ± 190 ng/l (12.30 Uhr Wert) festgestellt werden. Zwischen der Probenentnahme vor dem Melken (14.30) bzw. nach dem Melken (15.30) war ein leichter Abfall (nicht signifikant) des Plasmagluconspiegels zu ermitteln.

Bei den DSB-Tieren war der Plasmaglucagonspiegel im Tagesverlauf relativ konstant. Jedoch konnte auch bei den DSB-Kühen ein tendenzieller Abfall des Plasmaglucagonspiegels nach dem Melken festgestellt werden. Die bei beiden Rassen gleichermaßen hohen Standardabweichungen waren nicht durch starke individuelle Schwankungen in der Tagesrhythmik einzelner Tiere bedingt. Vielmehr zeigte die Betrachtung der Plasmaglucagontagesprofile für jedes einzelne Tier daß zwar innerhalb der Rassenkollektive große Unterschiede in der Höhe des individuellen Plasmaglucagonspiegels auftraten, jedoch der Plasmaglucagonspiegel des Einzeltieres kaum tageszeitlichen Schwankungen unterworfen war.

4.1.2.5. Wachstumshormon/STH

Mittelwerte und Standardabweichungen sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 10 aufgeführt. In Abb. 5 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Die Wachstumshormonspiegel der DSB-Kühe lagen zu jedem Entnahmezeitpunkt auf einem deutlich höheren Niveau als die der DFV-Kühe. Aufgrund des relativ hohen STH-Spiegels der DFV-Rinder von 11.30 Uhr bis 13.30 waren die Unterschiede in der STH-Konzentration beider Rassen in diesem Untersuchungsabschnitt nicht signifikant verschieden.

Bei den DSB-Kühen zeigten sich keine ausgeprägten Schwankungen des STH-Spiegels in Abhängigkeit von der Tageszeit. Das Tagesminimum lag bei den DSB-Tieren um 9.30 Uhr bei $11,58 \pm 4,91 \mu\text{g/l}$ und der maximale Wert um 15.30 bei $14,83 \pm 4,16 \mu\text{g/l}$.

Tabelle 10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Hormonspiegel zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten

	Insulin (mU/l)			Glucagon (ng/l)			STH (µg/l)		
Ent- nahme- zeit	DFV n = 12	DSB n = 11		DFV n = 11	DSB n = 12		DFV n = 12	DSB n = 13	
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s
8.00	10,9	4,0	7,1	411,5	551,8	231,3	7,52	14,46	7,29
8.30							7,68	12,21	4,28
9.00							7,58	13,86	5,65
9.30	13,0	6,5	8,1	451,2	531,9	172,9	6,08	11,58	4,91
10.00							7,84	12,63	6,13
10.30							8,41	13,74	8,06
11.00	11,1	4,5	6,6	532,1	534,8	136,4	8,34	13,29	5,35
11.30							9,65	11,98	4,88
12.00							10,33	11,98	5,50
12.30	10,0	6,3	5,8	538,3	514,2	127,9	10,13	12,30	5,30
13.00	10,6	3,1	6,4	513,0	518,9	127,0	10,07	11,92	6,40
13.30	10,8	4,1	6,4	513,2	521,7	130,9	9,60	13,47	6,85
14.00	8,7	3,4	6,3	522,6	507,2	120,8	9,18	13,02	4,75
14.30	9,5	3,3	7,4	510,8	518,6	148,7	8,42	12,78	4,95
15.30	10,1	5,3	7,4	461,8	481,0	106,9	8,49	14,83	4,16

Bei den DFV-Kühen war vom Minimum um 9.30 Uhr ($6,08 \pm 1,79 \mu\text{g/l}$) ein deutlicher Anstieg auf einen Maximalwert von $10,33 \pm 3,98 \mu\text{g/l}$ um 12.00 Uhr festzustellen. Danach sank der STH-Spiegel wieder kontinuierlich ab ($14.30: 8,42 \pm 2,68 \mu\text{g/l}$).

4.1.2.6. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon

Das Konzentrationsverhältnis Insulin:Glucagon wurde als Quotient der molaren Konzentrationen berechnet (siehe 4.1.1.).

Mittelwerte und Standardabweichungen der Quotienten sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 11 zusammengestellt. In Abb. 6 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Höhere Werte des Konzentrationsverhältnisses Insulin:Glucagon bei den DFV-Kühen gegenüber den DSB-Kühen konnten bei allen Entnahmezeitpunkten errechnet werden. Die Varianzanalyse ergab zu den Entnahmezeiten 8 Uhr, 9.30 Uhr, 11 Uhr, 13 Uhr und 13.30 Uhr jeweils signifikant höhere Werte bei den DFV-Kühen.

In der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes zeigten die Quotientenkurven beider Rassen einen gleichsinnigen Verlauf. Vom 8 Uhr Wert (DFV: $0,68 \pm 0,28$; DSB: $0,32 \pm 0,14$) war zunächst ein leichter Anstieg (9.30 Uhr Wert: DFV: $0,70 \pm 0,36$; DSB: $0,37 \pm 0,26$), gefolgt von einem kontinuierlichen Abfall des Quotienten bis zum Entnahmezeitpunkt 12.30 Uhr (DFV: $0,51 \pm 0,39$; DSB: $0,27 \pm 0,15$) festzustellen. Danach stieg der Quotient bei den DFV-Kühen zunächst noch einmal an (13 Uhr: $0,56 \pm 0,27$) und fiel um 14 Uhr auf den Tagesminimumwert von $0,44 \pm 0,19$.

Bei den letzten beiden Beobachtungszeitpunkten konnten wieder ansteigende Werte festgestellt werden.

Die DSB-Kühe hingegen erreichten den Tagesminimumwert bereits um 12.30 Uhr. Zwischen 13 Uhr und 14 Uhr blieb der Wert 0,30 für den Quotienten konstant. Danach konnte auch bei den DSB-Tieren, analog zu den DFV-Tieren, in den Proben von 14.30 Uhr bzw. 15.30 Uhr steigende Quotientenwerte errechnet werden.

4.1.2.7. Konzentrationsverhältnis Insulin : STH

Das Konzentrationsverhältnis Insulin:STH wurde ebenfalls als Quotient der molaren Konzentrationen berechnet (siehe 4.1.1.).

Mittelwerte und Standardabweichungen sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 11 zusammengestellt. In Abb. 7 sind diese Werte graphisch gegen die Uhrzeit aufgetragen.

Die DFV-Kühe zeigten im Vergleich zu den DSB-Kühen im gesamten Tagesverlauf einen signifikant ($p < 0,05$ bzw. $p < 0,01$) höheren Wert des Quotienten Insulin : STH. Bei beiden Rassen wurde der Maximalwert des Quotienten bereits um 9.30 Uhr erreicht. (DFV: $0,37 \pm 0,22$; DSB: $0,12 \pm 0,09$). Bei den DFV-Tieren war ein kontinuierlicher Abfall des Quotienten bis zum Entnahmezeitpunkt 12.30 Uhr (DFV: $0,18 \pm 0,08$) festzustellen. Erst zu den letzten beiden Beobachtungszeitpunkten konnten wieder ansteigende Werte ermittelt werden. Die DSB-Kühe zeigten nach Erreichen des Maximalwertes zunächst einen Abfall des Quotientenwertes auf den Minimalwert von $0,07 \pm 0,03$ um 11 Uhr. Im weiteren Verlauf konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden.

Tabelle 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Konzentrationsquotienten zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten

Ent- nahme zeit	Insulin/Glucagon				Insulin/STH			
	DFV (n = 11)	DSB (n = 10)			DFV (n = 12)	DSB (n = 11)		
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	s
8.00	0,68	0,32	0,28	0,14	0,269	0,102	0,196	0,076
				**				*
9.30	0,70	0,37	0,36	0,26	0,372	0,121	0,223	0,087
				*				**
11.00	0,56	0,30	0,28	0,17	0,260	0,073	0,188	0,034
				*				**
12.30	0,51	0,27	0,39	0,15	0,177	0,076	0,153	0,044
				n.s.				*
13.00	0,56	0,30	0,27	0,09	0,176	0,106	0,083	0,052
				**				*
13.30	0,56	0,30	0,30	0,14	0,194	0,087	0,098	0,060
				*				**
14.00	0,44	0,30	0,19	0,15	0,176	0,078	0,122	0,042
				n.s.				*
14.30	0,47	0,35	0,21	0,17	0,205	0,107	0,125	0,058
				n.s.				*
15.30	0,58	0,38	0,37	0,18	0,226	0,096	0,161	0,064
				n.s.				*

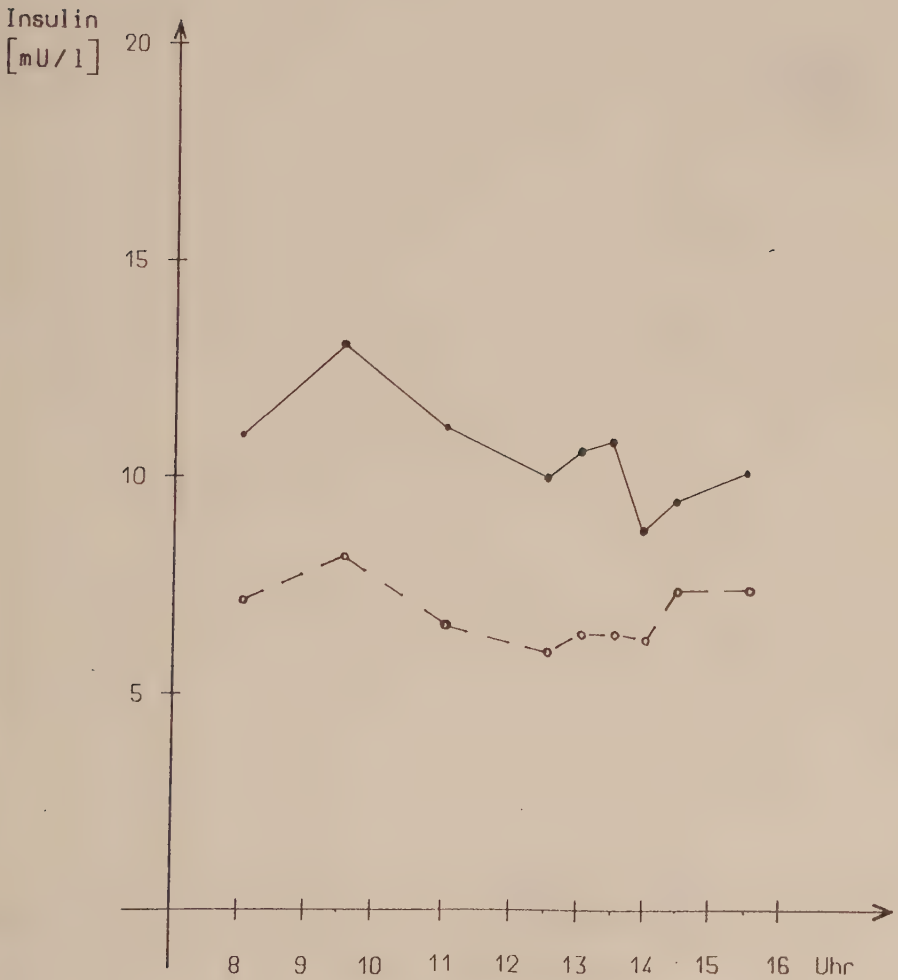


Abb. 3: Tagesverlauf der Plasmainsulinkonzentration
am 30. (+2) Laktationstag

—●— DFV (n=12)

---○--- DSB (n=11)

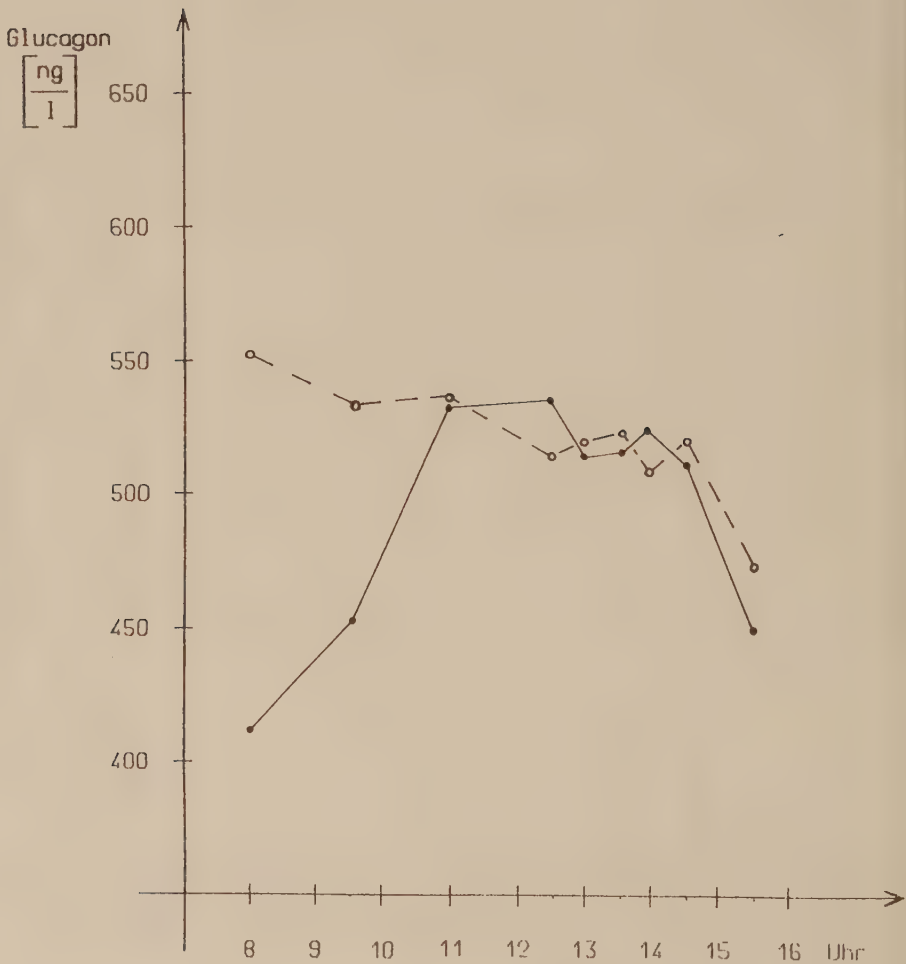


Abb. 4: Tagesverlauf der Plasmaglucaconkonzentration
am 30. (+2) Laktationstag —●— DFV (n=11)
—○— DSB (n=12)

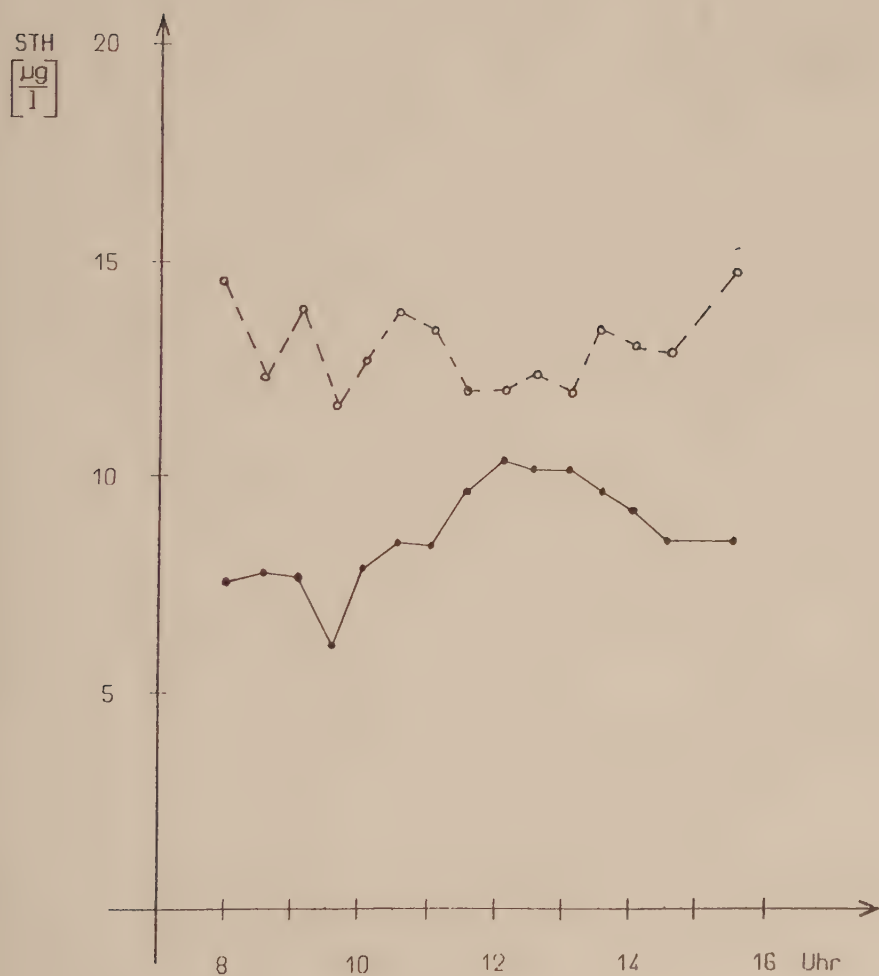


Abb. 5: Tagesverlauf der STH Plasmakonzentration
am 30. (+2) Laktationstag —●— DFV (n=12)
—○— DSB (n=13)

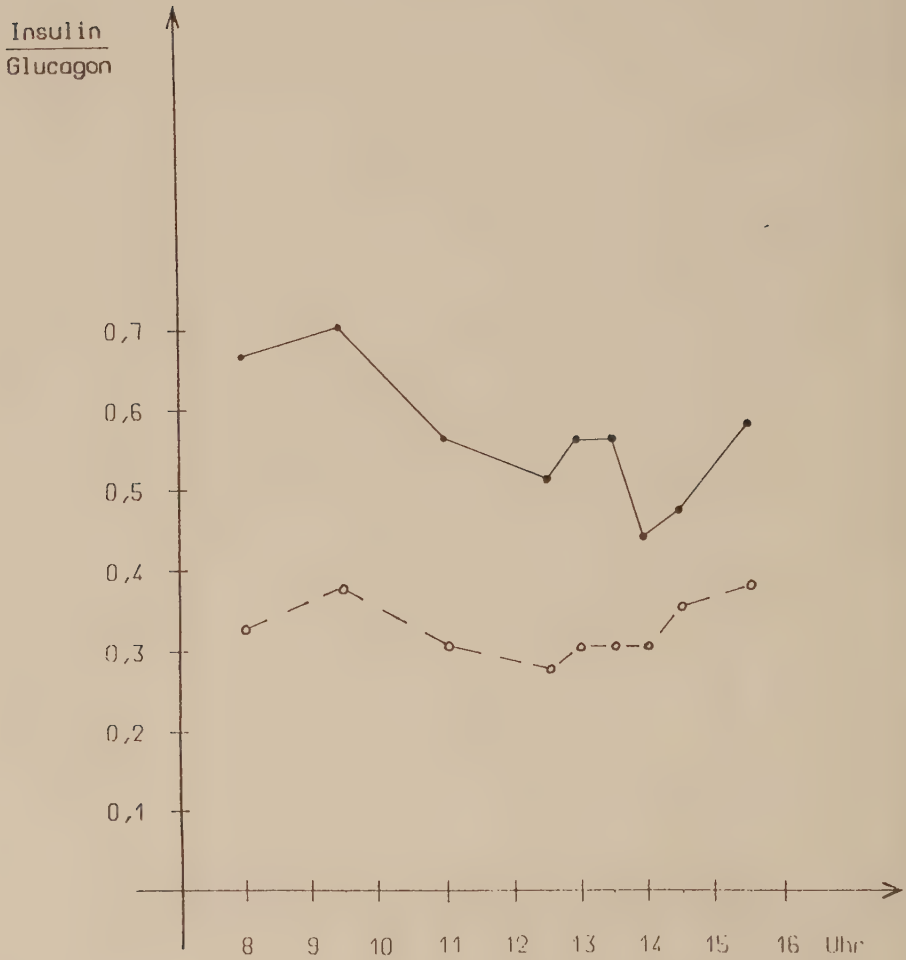


Abb. 6: Tagesverlauf der Konzentrationsquotienten Insulin:Glucagon
am 30. (+2) Laktationstag —●— DFV (n=11)
—○— DSB (n=10)

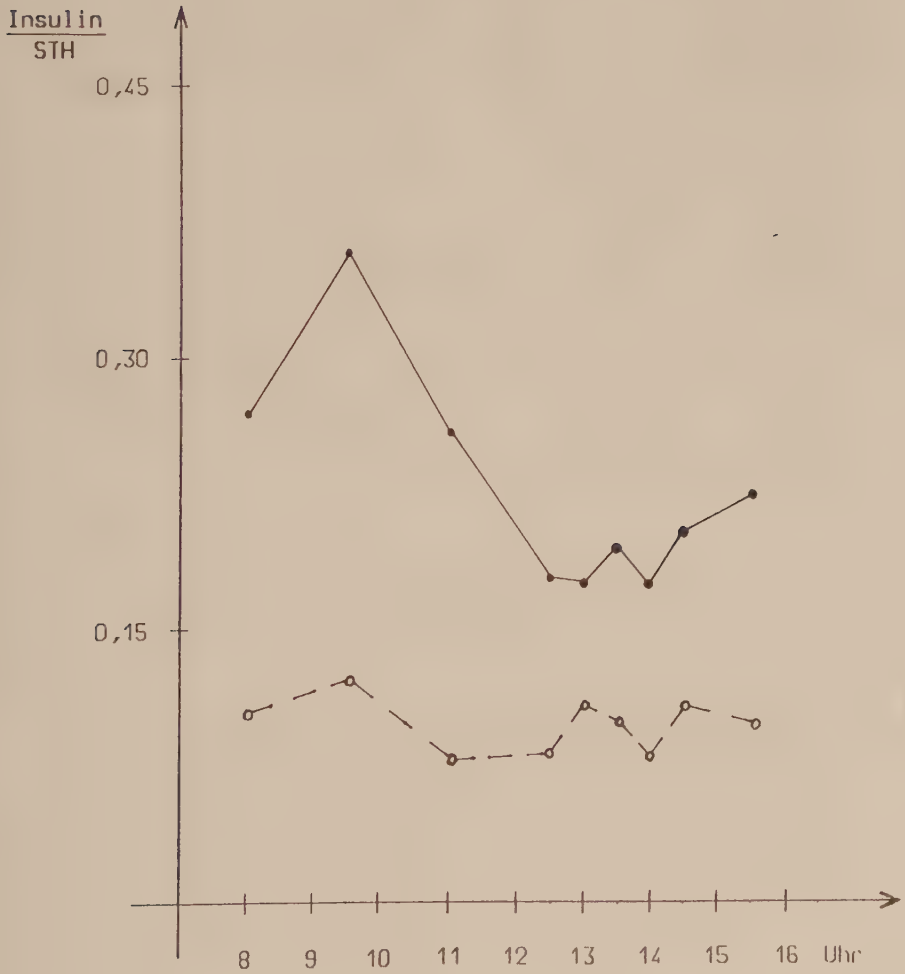


Abb. 7: Tagesverlauf des molaren Konzentrationsverhältnisses
Insulin: STH am 30. (+2) Laktationstag:

—●— DFV (n=12)

-○- DSB (n=11)

4.1.3. Beziehungen zwischen den Blutparametern

In Tabelle 12 sind Pearson-Korrelationen zwischen den Blutparametern, bzw. den daraus errechneten Konzentrationsquotienten, nach Rassen getrennt, zusammengestellt. Den Korrelationsberechnungen liegen die jeweiligen Tagesmittelwerte der Versuchstiere am 30. (± 2) Laktationstag zugrunde.

Keine der angegebenen Korrelationen konnte statistisch abgesichert werden.

Die, bei den DSB-Tieren ermittelte, negative Korrelation zwischen dem Plasmaglucagonspiegel und dem FFS-Spiegel, bzw. positive Beziehung zwischen Plasmaglucagonspiegel und Plasmainsulinspiegel konnte zu allen Entnahmezeitpunkten in ähnlicher Höhe berechnet werden. Dabei schwankten die Korrelationskoeffizienten für die Beziehung Glucagon/FFS zwischen $r = -0,13$ und $r = -0,67$ und für die Beziehung Glucagon/Insulin zwischen $r = +0,14$ und $r = +0,61$.

4.1.4. Metaboliten- und Hormonspiegel bei Tieren verschiedener Leistungsgruppen innerhalb einer Rasse

Innerhalb jeder Rasse wurden jeweils 5 bis 6 Tiere mit hoher bzw. geringer Milchleistung in Gruppen zusammengefaßt. In Tabelle 13 sind die Milchleistung und die durchschnittlichen Tagesmittelwerte der Blutparameter bzw. der Quotienten, getrennt nach Leistungsgruppen und Rassen zusammengestellt.

**Tabelle 12: Korrelationen zwischen den Blutparametern (Tagesmittelwerte),
nach Rassen getrennt: über der Diagonalen für DSB (n = 13), unter
der Diagonalen für DFV (n = 12)**

	Glucose	FFS	Insulin	Glucagon	STH	Insulin Glucagon	Insulin STH
Glucose		-0,21	+0,29	-0,51	+0,06	+0,34	+0,43
FFS	+0,07		-0,32	-0,31	+0,29	-0,29	-0,52
Insulin	+0,32	-0,23		+0,42	+0,30		
Glucagon	0,0	-0,22	+0,12		+0,07		+0,29
STH	-0,28	+0,23	-0,16	+0,23		+0,22	
Insulin Glucagon	+0,30	-0,05			-0,28		
Insulin STH	+0,46	-0,38		+0,10			

Gruppe I umfaßt die 5 DFV-Kühe mit der geringsten Einsatzleistung (EL: 14,76 kg). Gruppe II umfaßt 6 DFV-Kühe mit relativ hoher Milchleistung (EL: 20,0 kg). Gruppe III besteht aus den 6 DSB-Kühen mit der geringsten Einsatzleistung (EL: 21,47 kg) und Gruppe IV umfaßt 5 DSB-Kühe auf sehr hohem Leistungsniveau (EL: 26,86 kg).

Die Hochleistungsgruppe der DFV-Kühe (Gruppe II) und die Gruppe der DSB-Kühe mit geringer Leistung (Gruppe III) stehen annähernd auf dem gleichen Leistungsniveau.

4.1.4.1. Glucose

Die Tiere mit der höchsten Milchleistung (Gruppe IV) zeigten den geringsten Plasmaglucoosespiegel. Bei den Fleckviehtieren lag der Glucosespiegel, unabhängig vom Leistungsniveau, auf einem annähernd gleich hohen Niveau (siehe Tabelle 13). Eine Varianzanalyse (Tabelle 14,1) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Glucosespiegel von Gruppe I und Gruppe II, bzw. zwischen Gruppe III und Gruppe IV. Der Unterschied im Blutglucosespiegel zwischen Gruppe II und Gruppe III war jedoch hochsignifikant ($p \leq 0,001$).

4.1.4.2. Freie Fettsäuren

Die Hochleistungs-DSB Kühe (Gruppe IV) zeigten die höchsten Werte der FFS-Konzentration im Plasma. Die geringsten FFS-Werte wiesen die Tiere der Gruppe II auf, jedoch lagen auch die Tiere der Gruppe I auf einem ähnlich geringen Niveau (siehe Tabelle 13). Die Varianzanalyse zwischen den Gruppen (Tabelle 14,2) ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den FFS-Konzentrationen der Gruppe I und Gruppe II, jedoch hochsignifikante ($p < 0,001$) Unterschiede zwischen Gruppe II und Gruppe III bzw. zwischen Gruppe III und Gruppe IV.

4.1.4.3. Insulin

Die durchschnittlichen Insulinspiegel beider Fleckviehgruppen lagen etwa auf dem gleichen Niveau. Die DSB-Tiere zeigten gegenüber den DFV-Tieren niedrigere Werte im Plasmainsulinspiegel, wobei die DSB-Hochleistungstiere die niedrigsten Plasmaspiegel aufwiesen (siehe Tabelle 13).

Die Varianzanalyse (Tabelle 14,3) ergab hochsignifikante ($p < 0,01$) Unterschiede im Plasmainsulinspiegel zwischen den beiden Rassegruppen mit gleicher Milchleistung (Gruppe II und Gruppe III).

4.1.4.4. Glucagon

Den niedrigsten Plasmaglucagonspiegel zeigten die DFV-Tiere mit der geringsten Leistung (Gruppe I). Die höchsten Plasmaglucagonspiegel wiesen die DFV-Tiere mit hoher Milchleistung auf (Gruppe II). Beide Gruppen der DSB-Kühe lagen zwischen diesen Extremwerten, wobei die DSB-Hochleistungsgruppe (Gruppe IV) jedoch einen hochsignifikant ($p \leq 0,01$) niedrigeren Glucagonspiegel als die DSB-Gruppe mit geringer Leistung (Gruppe III) aufwies (siehe Tabelle 13 und Tabelle 14,4). Die Varianzanalyse ergab außerdem hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Unterschiede in der Plasmaglucagonkonzentration zwischen Gruppe I und Gruppe II.

4.1.4.5. Wachstumshormon

Die durchschnittlichen STH-Spiegel der Fleckviehkühe beider Leistungsgruppen lagen etwa auf dem gleichen Niveau. Die DSB-Tiere zeigten gegenüber den DFV-Tieren höhere Werte im STH-Spiegel, wobei die DSB-Hochleistungstiere (Gruppe IV) die höchsten STH-Plasmakonzentrationen aufwiesen (siehe Tabelle 13).

Die Varianzanalyse (Tabelle 14,5) ergab hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Unterschiede im STH-Spiegel zwischen den beiden Rassengruppen mit gleicher Milchleistung (Gruppe II und Gruppe III). Der Unterschied im STH-Spiegel beider DSB-Gruppen (Gruppe III und Gruppe IV) war nicht signifikant.

4.1.4.6. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon

Der höchste Wert des Konzentrationsquotienten konnte in Gruppe I, der niedrigste Wert in Gruppe IV errechnet werden. Die Gruppe der hochleistenden DFV-Kühe (Gruppe II) wies einen deutlich geringeren Quotienten auf als die Fleckviehtiere der Gruppe I (siehe Tabelle 13). Dieser Unterschied war hochsignifikant ($p \leq 0,001$, siehe Tabelle 14,6). Die beiden DSB Gruppen zeigten nur sehr geringe Unterschiede im Wert des Quotienten. Die DSB-Tiere der Gruppe III wiesen einen signifikant ($p \leq 0,05$) niedrigeren Quotienten auf als die DFV-Tiere mit dem gleichen Leistungsniveau (Gruppe II).

4.1.4.7. Konzentrationsverhältnis Insulin : STH

Die DFV-Kühe der Gruppe I und II zeigten deutlich höhere Werte des Konzentrationsquotienten Insulin:STH als die Kühe beider DSB Gruppen. Innerhalb einer Rasse betrachtet, zeigten die jeweils leistungsschwächeren Tiere (Gruppe I bzw. Gruppe III) höhere Quotientenwerte als die Hochleistungstiere der gleichen Rasse (Gruppe II bzw. Gruppe IV; siehe Tabelle 13). Die Unterschiede innerhalb der Rasse waren jedoch nicht signifikant (siehe Tabelle 14,7). Beim Vergleich der Gruppen mit gleichem Leistungsniveau wiesen die DFV-Tiere der Gruppe II hochsignifikant ($p \leq 0,001$) höhere Werte des Quotienten auf als die DSB-Tiere der Gruppe III.

Tabelle 13: Mittelwerte der Metaboliten- und Hormonspiegel bei Tieren verschiedener Leistungsgruppen, getrennt nach Rasse

Parameter	DFV		DSB	
	Gruppe I n = 5	Gruppe II n = 6	Gruppe III n = 6	Gruppe IV n = 5
MKG	14,76	20,00	21,47	26,86
FCM	14,02	20,98	20,32	27,36
Glucose (mmol/l)	3,44	3,49	3,14	3,00
FFS (mmol/l)	0,18	0,14	0,31	0,48
Insulin (mU/l)	10,73	10,57	6,61	5,18
Glucagon (ng/l)	426,4	605,2	557,5	458,2
STH (μ g/l)	8,62	8,58	12,03	13,21
Insulin	0,64	0,44	0,32	0,30
Glucagon				
Insulin	0,245	0,223	0,099	0,066
STH				

Tabelle 14, 1-7: Signifikanz der Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Leistungsgruppen aus Tabelle 13

Tab. 14,1: Glucose

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	n.s.	***
Gruppe IV	***	n.s.

Tab. 14,2: FFS

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	n.s.	***
Gruppe IV	***	***

Tab. 14,3: Insulin

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	n.s.	***
Gruppe IV	***	n.s.

Tab. 14,4: Glucagon

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	***	n.s.
Gruppe IV	n.s.	***

Tab. 14,5: STH

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	n.s.	***
Gruppe IV	***	n.s.

Tab. 14,6: Insulin/Glucagon

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	***	*
Gruppe IV	***	n.s.

Tab. 14,7: Insulin/STH

	Gruppe I	Gruppe III
Gruppe II	n.s.	***
Gruppe IV	***	n.s.

* $p \leq 0,05$

** $p \leq 0,01$

*** $p \leq 0,001$

4.2. Verlauf zwischen 30. und 47. Laktationstag

4.2.1. Mittelwerte in der Hochlaktation

Mittelwerte aus 6 Entnahmen zwischen dem 30. und 47. Laktationstag und Standardabweichungen der untersuchten Metaboliten- bzw. Hormonspiegel und des errechneten Hormonquotienten sind in Tabelle 15 wiedergegeben.

Im Gesamtmittel des Untersuchungszeitraumes wiesen die DFV-Kühe gegenüber den DSB-Kühen höhere Blutglucosespiegel und höhere Plasmainsulinspiegel auf. Auch das errechnete Konzentrationsverhältnis Insulin:Glucagon war bei den DFV-Kühen höher als bei den DSB-Tieren. Demgegenüber zeigten die DSB-Kühe höhere Plasmaglucagonspiegel und hochsignifikant ($p < 0,001$) höhere Konzentrationen von FFS im Blutplasma im Vergleich zu den DFV-Kühen.

4.2.2. Metaboliten- und Hormonspiegel im Verlauf der Hochlaktation

4.2.2.1. Glucose

Die Plasmaglukosekonzentrationen mit Standardabweichungen sind, getrennt nach Rasse und Entnahmetag, in Tabelle 16 aufgeführt. In Abb. 8 sind diese Werte graphisch dargestellt.

Die Fleckviehtiere zeigten zu allen Entnahmezeitpunkten, mit Ausnahme des 44. Laktationstages, höhere Mittelwerte im Plasmaglucosespiegel als die DSB-Tiere. Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Tabelle 15: Mittelwerte (aus 6 Entnahmen zwischen 30. $\pm$ 2 und 47. $\pm$ 2 Laktationstag) und Standardabweichungen, getrennt nach Rassen

Parameter	DFV (n = 20)		DSB (n = 15)		Signifikanz der Differenz
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	
Glucose (mmol/l)	3,47	0,31	3,34	0,28	n.s.
FFS (mmol/l)	0,22	0,12	0,42	0,18	***
Insulin (mU/l)	8,0	2,5	7,2	1,7	n.s.
Glucagon (ng/l)	419	96	467	88	n.s.
Insulin	0,50	0,20	0,42	0,14	n.s.
Glucagon					

*** $p \leq 0,001$

4.2.2.2. Freie Fettsäuren

Die durchschnittlichen Konzentrationen der FFS im Blutplasma sind, getrennt nach Rasse und Entnahmetag, in Tabelle 16 aufgeführt. In Abb. 9 sind diese Werte graphisch dargestellt.

Die DSB-Tiere wiesen zu allen Entnahmezeitpunkten gegenüber den DFV-Tieren deutlich höhere Konzentrationen der FFS im Blutplasma auf. Am 30. Laktationstag wiesen die DSB-Tiere mit $0,61 \pm 0,31$ mmol/l gegenüber den DFV-Tieren mit $0,21 \pm 0,16$ mmol/l hochsignifikant höhere Werte im FFS-Spiegel auf. Auch zu den übrigen Entnahmezeitpunkten, mit Ausnahme vom 44. Tag p.p., waren die Unterschiede im FFS-Spiegel signifikant. Im gesamten Untersuchungszeitraum zeigten die DFV-Tiere relativ konstante Werte der FFS-Konzentration. Hingegen fiel bei den DSB-Tieren die Konzentration der FFS vom 30. Tag p.p. stark ab. So war der FFS-Spiegel der DSB-Tiere am 44. Laktationstag signifikant ($p < 0,05$) niedriger als zu Beginn der Untersuchungen am 30. Tag der Laktation. Am 47. Laktationstag konnten wieder leicht erhöhte FFS-Spiegel ermittelt werden.

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Glucose und der freien Fettsäuren zu einzelnen Entnahmezeitpunkten in der Hochlaktation

Tage p.p.	Glucose (mmol/l)				FFS (mmol/l)			
	DFV (n = 20)		DSB (n = 16)		DFV (n = 20)		DSB (n = 16)	
	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$
30 $\pm$ 2	3,56	$\pm 0,47$	3,28	$\pm 0,37$	n.s.	0,21 $\pm$ 0,16	0,61 $\pm$ 0,31	***
33 $\pm$ 2	3,42	$\pm 0,47$	3,27	$\pm 0,44$	n.s.	0,26 $\pm$ 0,21	0,50 $\pm$ 0,29	**
37 $\pm$ 2	3,46	$\pm 0,53$	3,20	$\pm 0,73$	n.s.	0,23 $\pm$ 0,17	0,37 $\pm$ 0,25	*
40 $\pm$ 2	3,50	$\pm 0,40$	3,45	$\pm 0,43$	n.s.	0,18 $\pm$ 0,14	0,37 $\pm$ 0,23	**
44 $\pm$ 2	3,39	$\pm 0,39$	3,46	$\pm 0,48$	n.s.	0,21 $\pm$ 0,18	0,30 $\pm$ 0,17	n.s.
47 $\pm$ 2	3,51	$\pm 0,36$	3,35	$\pm 0,50$	n.s.	0,23 $\pm$ 0,21	0,39 $\pm$ 0,20	*

4.2.2.3. Insulin

Mittelwerte der Plasmainsulinkonzentrationen mit Standardabweichungen sind, getrennt nach Rasse und Entnahmetag, in Tabelle 17 aufgeführt. In Abb. 10 sind diese Werte graphisch dargestellt.

Nur am 30., 33., 40. und 44. Laktationstag wiesen die DFV-Kühe einen höheren Insulinspiegel als die DSB-Kühe auf. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Am 37. bzw. 47. Laktationstag lagen die Insulinspiegel beider Rassen auf gleichem Niveau, bzw. zeigten sogar die DSB-Tiere gegenüber den DFV-Tieren geringgradig höhere Plasmainsulinspiegel.

4.2.2.4. Glucagon

Mittelwerte der Plasmaglucagonspiegel und Standardabweichungen sind, getrennt nach Rasse und Entnahmezeitpunkt, in Tabelle 17 aufgeführt. In Abb. 11 sind diese Werte graphisch dargestellt.

Im gesamten Untersuchungszeitraum wiesen die DSB-Tiere einen höheren durchschnittlichen Glucagonspiegel als die DFV-Tiere auf. Aufgrund der großen individuellen Schwankungen des Glucagonspiegel innerhalb der Rassen konnte dieser Unterschied statistisch jedoch nicht abgesichert werden.

Tabelle 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Hormonspiegel zu den einzelnen Entnahmezeitpunkten in der Hochlaktation, getrennt nach Rassen.

Tage p.p.	Insulin (mU/l)			Glucagon (ng/l)			Insulin:Glucagon		
	DFV n = 20 $\bar{x}$	s	DSB n = 16 $\bar{x}$	DFV n = 20 $\bar{x}$	s	DSB n = 16 $\bar{x}$	DFV n = 12 $\bar{x}$	s	DSB n = 13 $\bar{x}$
30	7,1	3,0	6,0	414	139	480	0,46	0,25	0,37
			2,4	n.s.		201	n.s.		0,28 n.s.
33	7,9	3,9	6,7	387	105	457	0,55	0,34	0,41
			2,4	n.s.		140	n.s.		0,25 n.s.
37	7,8	2,9	7,9	441	159	491	0,45	0,20	0,45
			3,7	n.s.		205	n.s.		0,24 n.s.
40	9,0	4,1	7,9	433	155	438	0,55	0,29	0,46
			2,4	n.s.		113	n.s.		0,19 n.s.
44	8,7	4,1	6,5	437	135	493	0,50	0,25	0,32
			2,5	n.s.		111	n.s.		0,10 n.s.
47	7,9	2,3	8,2	413	105	447	0,47	0,19	0,45
			2,5	n.s.		129	n.s.		0,16 n.s.

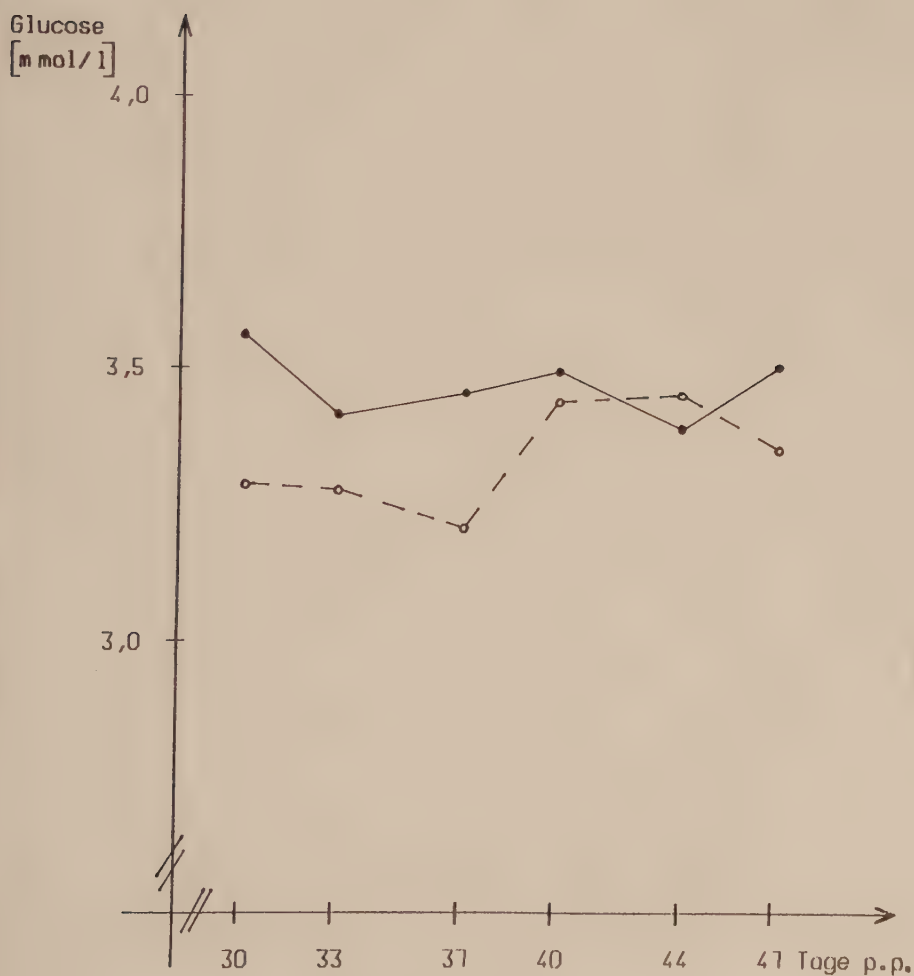


Abb. 8: Verlauf der Plasmaglukosekonzentration in der Hochlaktation: —●— DFV (n=20) —○— DSB (n=16)

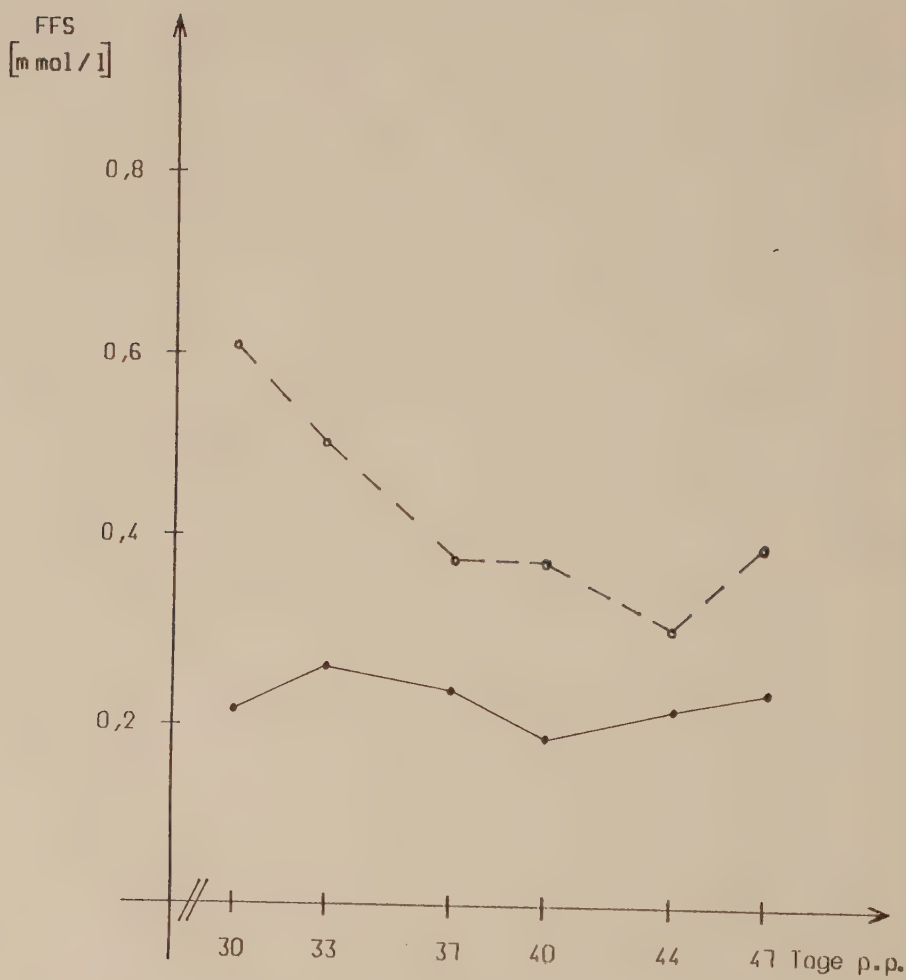


Abb. 9: Verlauf der FFS-Spiegel in der
Hochlaktation: —●— DFV (n=20)
—○— DSB (n=16)

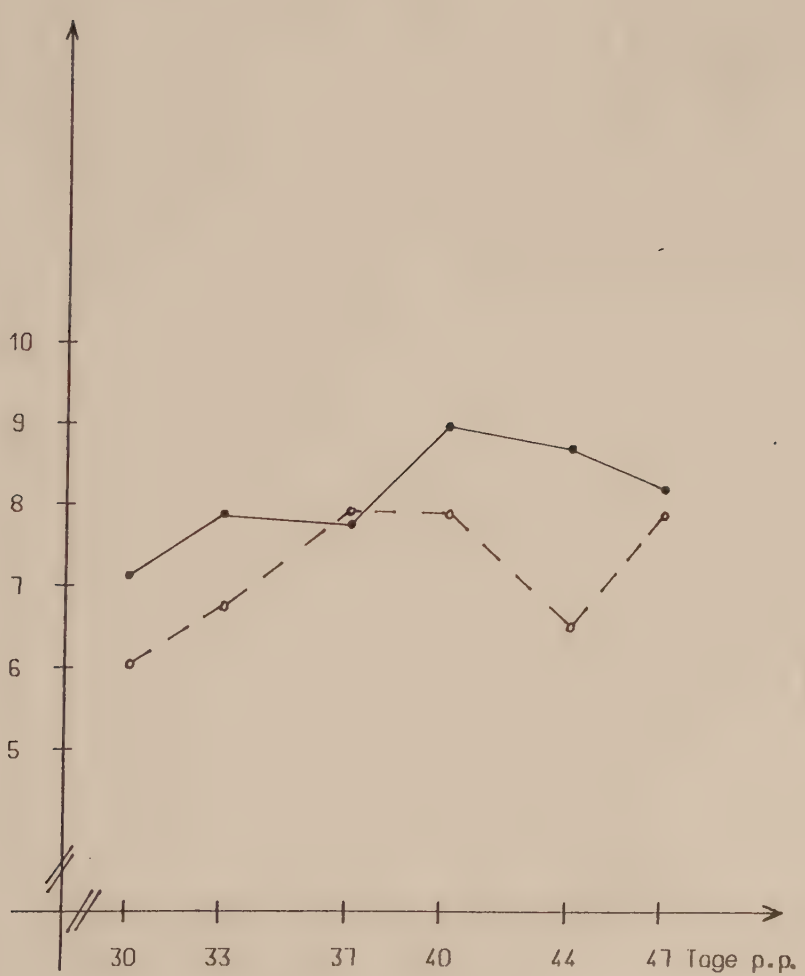


Abb. 10: Verlauf der Plasmainsulinkonzentration in
der Hochlaktation: —●— DFV (n=20)
- - -○- DSB (n=16)

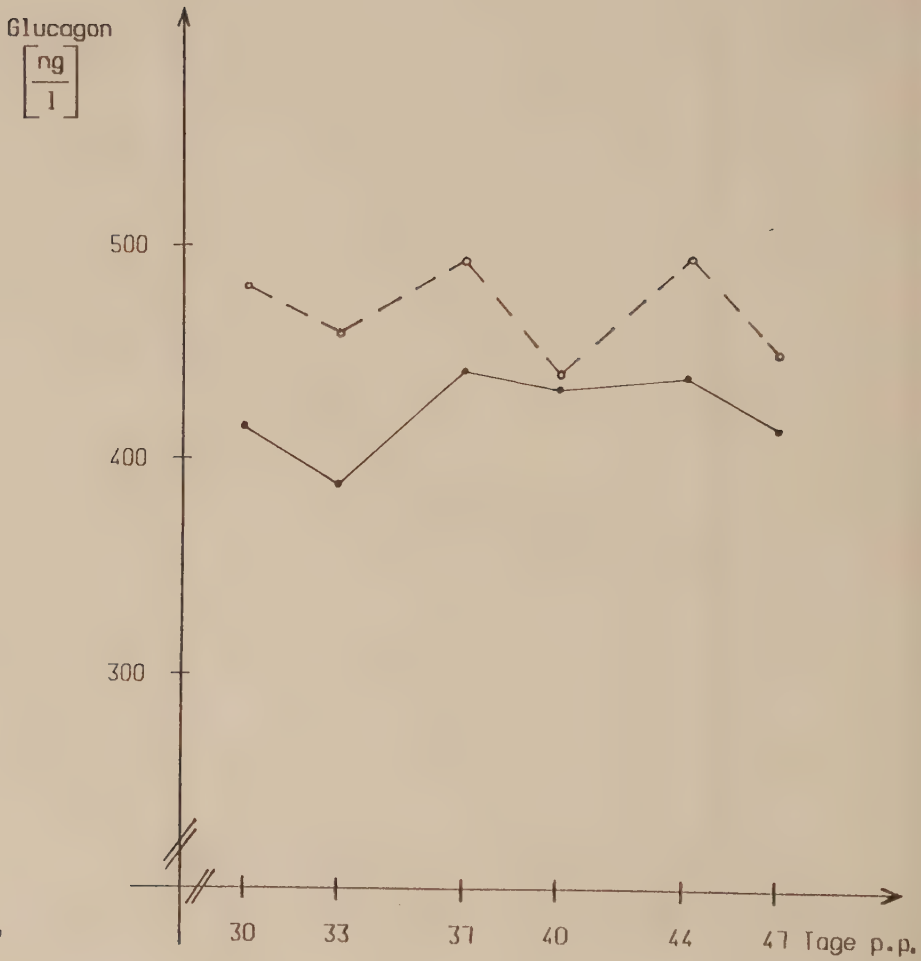


Abb. 11: Verlauf der Plasmaglucaconkonzentration in der Hochlaktation: —●— DFV (n=20)
—○— DSB (n=16)

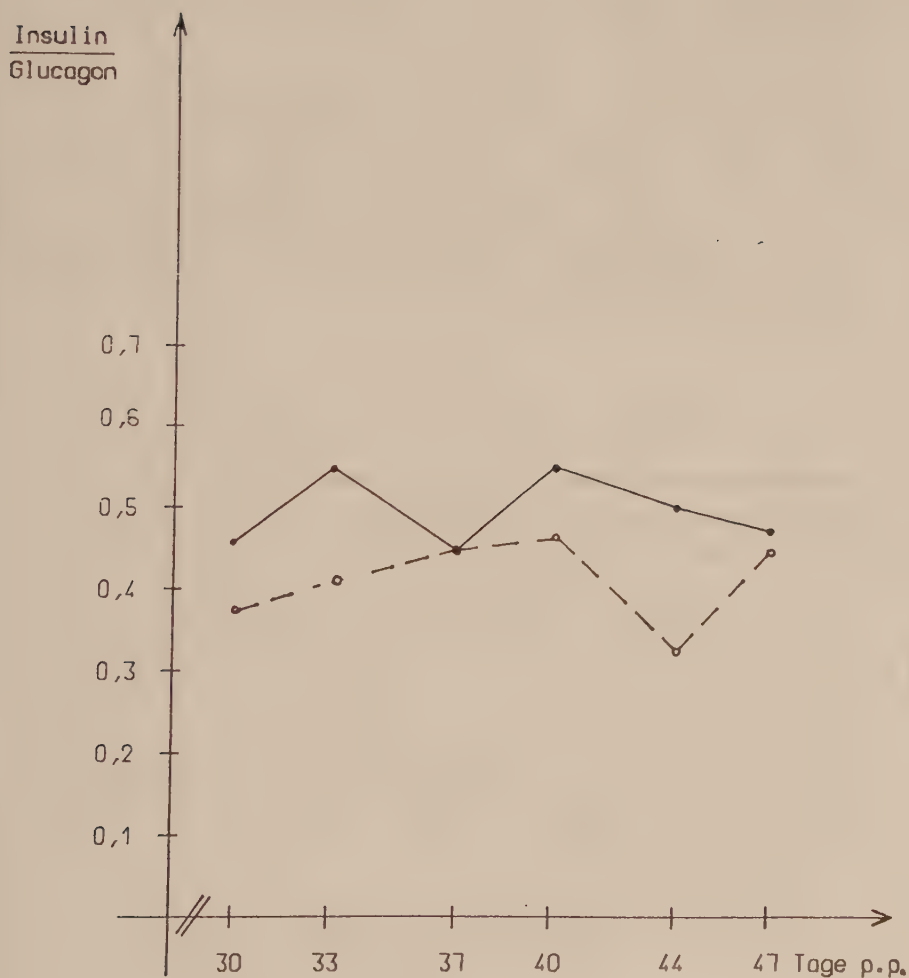


Abb. 12: Verlauf des molaren Konzentrationsverhältnisses

Insulin-Glucagon in der Hochlaktation: —●— DFV (n=20)

—○— DSB (n=16)

4.2.2.5. Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon

Mittelwerte und Standardabweichungen des Konzentrationsquotienten Insulin:Glucagon sind, getrennt nach Rasse und Entnahmetag, in Tabelle 17 aufgeführt. In Abb. 12 sind diese Werte graphisch dargestellt.

Die DFV-Kühe zeigten zu allen Entnahmezeitpunkten einen höheren Mittelwert des Quotienten als die DSB-Tiere. Dieser Unterschied war jedoch nur am 44. Laktationstag signifikant ($p \leq 0,01$). Bei beiden Rassen konnte im Untersuchungszeitraum kein tendenzieller Abfall bzw. Anstieg des Quotientenwertes festgestellt werden.

4.2.3. Beziehungen zwischen den Blutparametern

In Tabelle 18 sind Pearson-Korrelationen zwischen den Blutparametern, bzw. dem daraus errechneten Konzentrationquotienten, nach Rassen getrennt zusammengestellt. Den Korrelationsberechnungen liegen die jeweiligen Mittelwerte (errechnet aus 6 Proben zwischen 30. und 47. Laktationstag) der Versuchstiere zugrunde.

Sowohl für die DFV-Tiere, als auch für die DSB-Tiere konnten signifikante, positive Beziehungen zwischen Insulinspiegel und Glucosespiegel ermittelt werden. (DFV: $r = +0,58$, $p \leq 0,05$; DSB: $r = +0,44$, $p \leq 0,05$).

Tabelle 18: Korrelationen zwischen den Blutparametern (Mittelwerte in der Hochlaktation), getrennt nach Rassen: über der Diagonalen für DSB (n = 16), unter der Diagonalen für DFV (n = 20)

	Glucose	FFS	Insulin	Glucagon	Insulin ----- Glucagon
Glucose		-0,21	+0,44*	-0,02	+0,37
FFS	+0,14		-0,44	-0,50*	+0,29
Insulin	+0,58*	-0,09		+0,01	
Glucagon	-0,14	+0,19	-0,05		
Insulin ----- Glucagon	+0,59*	-0,15			

* $p \leq 0,05$

Die bei beiden Rassen ermittelte positive Beziehung zwischen dem Glucosespiegel und dem errechneten Konzentrationsverhältnis Insulin: Glucagon konnte nur bei den DFV-Kühen mit $r = +0,59$, $p \leq 0,05$, statistisch abgesichert werden.

Bei den DSB-Kühen konnte eine negative Korrelation sowohl zwischen dem Insulinspiegel und dem FFS-Spiegel als auch zwischen dem Glucagonspiegel und dem FFS-Spiegel errechnet werden.

4.2.4. Beziehungen zwischen Blutparametern und Milchleistungsparametern

Korrelationen zwischen ermittelten Blutparametern, bzw. errechnetem Hormonkonzentrationsverhältnis und Milchleistungsparametern (Einsatzleistung nach MLP-Daten) sind für DFV-Tiere in Tabelle 19,1 und für DSB-Tiere in Tabelle 19,2 zusammengestellt.

Außerdem wurden lineare Regressionen zwischen den Blutparametern (y) und der Milchmenge (x) berechnet. Regressionen höheren Grades (Stepwise) erbrachten keine deutlicheren Zusammenhänge zwischen den Parametern.

Bei beiden Rassen konnte eine negative Beziehung zwischen dem Plasmainsulinspiegel und der Milchmenge festgestellt werden. Die Abhängigkeit des Insulinspiegels von der Milchleistung konnte mit folgender Regressionsgleichung dargestellt werden:

$$\text{DFV: } y = 16,15 - 0,48 x;$$

$$\text{DSB: } y = 15,96 - 0,37 x;$$

Bei den DFV-Tieren wurde eine negative Beziehung zwischen dem errechneten Hormonkonzentrationsverhältnis Insulin: Glucagon und der Milchmenge ermittelt ($r = -0,62$; $p \leq 0,01$; $y = 1,08 - 0,03 x$).

Außerdem waren sowohl der Insulinspiegel als auch der errechnete Quotient negativ mit dem Milchleistungsparameter FCM korreliert.

Tabelle 19, 1-2: Korrelationen zwischen Blutparametern und Milchleistungsparametern, nach Rassen getrennt.

Tab. 19,1: DFV (n = 18)

	Glucose	FFS	Insulin	Glucagon	<u>Insulin</u> Glucagon
MKG	-0,22 n.s.	+0,39 n.s.	-0,65 **	+0,16 n.s.	-0,62 **
FCM	-0,19 n.s.	+0,42 n.s.	-0,64 **	-0,12 n.s.	-0,59 **

Tab. 19,2: DSB (n = 15)

	Glucose	FFS	Insulin	Glucagon	<u>Insulin</u> Glucagon
MKG	-0,48 n.s.	+0,57 *	-0,65 **	-0,16 n.s.	-0,45 n.s.
FCM	-0,36 n.s.	+0,47 n.s.	-0,43 n.s.	-0,20 n.s.	-0,28 n.s.

* $p \leq 0,05$

** $p \leq 0,01$

Bei den DSB-Tieren bestand mit $r = +0,57$; $p \leq 0,05$ eine positive Korrelation zwischen der Konzentration der FFS im Blutplasma und der erbrachten Milchmenge. Die Abhängigkeit des FFS-Spiegels von der Milchleistung konnte mit folgender Regressionsgleichung dargestellt werden:

$$\text{DSB: } y = -0,22 + 0,026 x;$$

5. Diskussion

5.1. Ergebnisse aus dem Tagesprofil

Glucose

Der signifikant ($p \leq 0,01$) höhere Tagesmittelwert des Glucosespiegels, bzw. die zu jedem Entnahmezeitpunkt höhere Plasmaglukosekonzentration der DFV-Kühe gegenüber den DSB-Kühen bestätigen die Ergebnisse früherer Untersuchungen von Veitinger (1983).

Vergleichende Untersuchungen der Plasmaglucosespiegel von Tieren unterschiedlicher Leistungsgruppen innerhalb einer Rasse bzw. von Tieren mit gleichem Leistungsniveau unterschiedlicher Rasse zeigten, daß der Unterschied im Blutglucosespiegel primär rassebedingt, also genetisch fixiert ist, und nur im geringen Maße durch die Milchleistung an sich, also durch unterschiedlichen Glucoseabzug durch die Milchdrüse verursacht wird. Zwar zeigten die Tiere mit dem höchsten Energie- und somit Glucosebedarf für die Milchbildung (DSB der Gruppe IV) die niedrigsten Glucosespiegel, jedoch wiesen auch die DSB-Tiere mit schlechter Milchleistung (Gruppe III) ähnlich niedrige Glucosespiegel auf. Hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Unterschiede im Plasmaglukosespiegel zeigten sich jedoch zwischen den verschiedenen Rassengruppen mit gleichem Leistungsniveau (Gruppe II und III), also zwischen Kühen mit gleichem Glucosebedarf für die Milchbildung.

Anscheinend sind die aufgezeigten, rassebedingten Unterschiede im Glucosespiegel zwischen Fleckvieh und DSB erst später, evtl. erst mit Beginn der Laktation ausgeprägt, da Lehmer (1986) beim Vergleich von DFV- und HF-Jungrindern verschiedener Altersstufen keine Unterschiede im Glucose-spiegel feststellen konnte.

FFS

Die in dieser Arbeit ermittelten, zu jedem Entnahmezeitpunkt hochsignifikant ($p \leq 0,001$ bzw. $p \leq 0,01$) höheren Konzentrationen der FFS im Blutplasma der DSB-Tiere gegenüber den DFV-Tieren liegen auf einem niedrigeren Niveau als die von Meyer (1983) beschriebenen FFS-Spiegel von DFV- und DSB-Kühen im vergleichbaren Laktationsstadium. Meyer ermittelte jedoch die FFS-Spiegel unmittelbar nach dem Morgenmelken, also im Nüchternzustand der Tiere. Nach den Untersuchungen von Meyer (1983) war der Unterschied im FFS-Spiegel zwischen DSB- und DFV-Tieren relativ gering und konnte statistisch nicht abgesichert werden.

Deutliche und hochsignifikante ($p \leq 0,001$) Rasseunterschiede im FFS-Spiegel konnten durch Vergleich der FFS-Konzentrationen der Gruppe II und III (siehe 4.1.4.) aufgezeigt werden. Die FFS-Spiegel der DSB-Gruppe lagen hochsignifikant höher als die der DFV-Gruppe mit gleicher Milchleistung.

Die Hochleistungs-DFV-Tiere der Gruppe II wiesen etwas geringer FFS-Spiegel als die wenigleistenden Tiere der Gruppe I auf. Da die FFS im Blutplasma ein Maß für die Fettgewebsmobilisierung darstellen (Giesecke und Stangassinger, 1982), scheinen die Hochleistungs-DFV-Tiere ihren, gegenüber den DFV-Tieren mit geringer Leistung erhöhten, Energiebedarf nicht durch gesteigerte Lipolyse ausgleichen zu müssen.

Dagegen zeigten die Hochleistungstiere der DSB-Rasse (Gruppe IV) gegenüber den DSB mit geringer Leistung (Gruppe III) hochsignifikant ($p \leq 0,001$) höhere FFS-Spiegel. Diese hohen FFS-Spiegel lassen auf eine katabole Stoffwechsellage mit starker Fettgewebsmobilisierung schließen.

Tageszeitliche Schwankungen in Abhängigkeit vom Fütterungszeitpunkt konnten bei beiden Rassen gleichermaßen festgestellt werden. Sowohl die DSB- als auch die DFV-Kühe zeigten vom 8 Uhr Nüchternwert einen signifikanten ($p \leq 0,05$) Abfall der FFS auf den geringsten Tageswert um 9.30 Uhr (DSB) bzw. 11 Uhr (DFV). Da die Hauptfutteraufnahme der Versuchstiere zwischen 8.30 Uhr und 10 Uhr lag, traten minimale FFS-Spiegel zum Zeitpunkt des höchsten endogen Nährstoffangebotes auf. Im weiteren Tagesverlauf, mit zunehmender zeitlicher Entfernung zur Hauptfutteraufnahmezeit stiegen die FFS-Plasmaspiegel wieder kontinuierlich an. Zusammenhänge zwischen hohem Nährstoffangebot und geringen FFS-Spiegel als Ausdruck geringer Fettgewebsmobilisierung wurden bereits von mehreren Autoren beschrieben (Radloff et al., 1966; Vasilatos und Wangsness, 1979; Kosak, 1980; Giesecke et al., 1987a).

Insulin

Höhe und Unterschied im Tagesmittelwert des Insulinspiegels zwischen DSB und DFV entsprachen den von Glesecke et al. (1987b) beschriebenen Ergebnissen bei Untersuchungen an ähnlichem Tiermaterial. Die Unterschiede im Plasmainsulinspiegel von DSB und DFV sind primär rassebedingt, wie ein Vergleich der Plasmainsulinspiegel zwischen DSB- und DFV-Tieren mit gleicher Milchleistung zeigte. Innerhalb der Rassen scheinen Zusammenhänge zwischen Insulinspiegel und der Höhe der Milchleistung, bzw. der daraus resultierenden Energiestoffwechsellaage zu bestehen. So wiesen die Hochleistungsgruppen beider Rassen jeweils niedrigere Plasmainsulinspiegel als die minderleistenden Gruppen der gleichen Rasse auf. Die Hochleistungsgruppe der DSB-Rinder zeigte den geringsten Plasmainsulinspiegel. Sehr niedrige Insulinspiegel weisen auf eine katabole Stoffwechsellaage mit begrenzter peripherer Glucoseutilisation und gesteigerter Fettgewebsmobilisierung hin, die die endogenen Voraussetzungen für hohe Milchleistung schaffen (Hart et al., 1975).

Die höchsten Insulinspiegel konnten bei beiden Rassen um jeweils 9.30 Uhr, also innerhalb der Hauptfutteraufnahmezeit ermittelt werden. Zusammenhänge zwischen Nährstoffaufnahme und steigenden Insulinspiegeln wurden bereits von mehreren Autoren beschrieben. So berichten McAtee und Trenkle (1971), Hove und Bloom (1973) und Vasilatos und Wangsness (1979) von höchsten Plasmainsulinspiegeln wenige Minuten nach beginnender Futteraufnahme. Dieser rasche Insulinan-

stieg wird nach Trenkle (1972) zuerst durch ein Ansteigen bestimmter Intestinalhormone und erst später durch die Anflutung der Energiemetaboliten im Plasma ausgelöst.

Da niedrige Insulinspiegel mit einer gesteigerten Fettgewebsmobilisierung verbunden sind (Hart et al., 1975), war eine negative Beziehung zwischen dem Insulinspiegel und dem Spiegel der FFS im Blutplasma zu erwarten. Diese Beziehung konnte bei beiden Rassen dargestellt, jedoch statistisch nicht abgesichert werden. Dabei lagen die Korrelationskoeffizienten mit $r = -0,23$ (DFV) und $r = -0,32$ (DSB) unter dem von Barnes et al. (1985) an HF-Tieren mit sehr hohem Zuchtwert ermittelten Wert von $r = -0,39$ ($p \leq 0,01$).

Glucagon

Zwar zeigten die DSB-Tiere gegenüber den DFV-Tieren einen geringgradig höheren Tagesmittelwert im Plasmaglucagonspiegel, jedoch konnte dieser Unterschied wegen der hohen individuellen Schwankungen im Plasmaglucagonspiegel innerhalb der Rassen statistisch nicht abgesichert werden. Rassenvergleichende Untersuchungen über den Plasmaglucagonspiegel von anderen Autoren liegen nicht vor.

Glucagon steigert die hepatische Glucoseproduktion durch Stimulierung der Glykogenolyse und der Gluconeogenese, es wirkt somit katabol (Brockman, 1978; Thilsted, 1985). Somit müßten Kühe mit sehr geringer Milchleistung und daraus resultierender positiver Energiebilanz niedrige Glucagonspiegel aufweisen. Dieses konnte jedoch nur beim Vergleich der beiden Fleckviehgruppen festgestellt werden.

Bei den DSB-Kühen zeigten die Tiere der Hochleistungsgruppe jedoch hochsignifikant ($p < 0,001$) niedrigere Plasmagluconspiegel gegenüber den DSB-Kühen mit geringer Milchleistung. Da die Hochleistungs-DSB-Tiere, wie bereits beschrieben, sehr niedrige Insulinspiegel verbunden mit hohen FFS-Spiegeln aufwiesen, konnte bei den DSB-Tieren eine positive Korrelation zwischen Insulinspiegel und Glucagonspiegel und eine negative Korrelation zwischen Glucagonspiegel und Konzentration der FFS im Blutplasma errechnet werden.

Als Ursache für die sehr niedrigen Plasmagluconkonzentrationen der Hochleistungs-DSB-Tiere könnten die extreme stoffwechselphysiologische Belastung dieser Tiere und eventuell vorhandene subklinische Ketosen vermutet werden. Nach Untersuchungen von De Boer et al. (1985; 1986) kam es bei restriktiv gefütterten Kühen in der Hochlaktation zum Abfall der Plasmagluconkonzentration. De Boer und Mitarbeiter (1986) geben auch Hinweise auf einen deutlichen Abfall der Plasmagluconspiegel bei Ketosekühen. Die Autoren vermuten, daß sehr hohe Konzentrationen von FFS im Blutplasma einen direkten, hemmenden Effekt auf die Inselzellen im Pankreas ausüben und somit die Glucagonsekretion unterdrücken.

Die Plasmagluconspiegel der DSB-Tiere zeigten nur sehr geringe tageszeitliche Schwankungen. Die DFV-Kühe zeigten zu den ersten Entnahmezeitpunkten einen kontinuierlichen, nicht signifikanten Anstieg der Plasmagluconspiegel. Ursächlich für diesen Anstieg dürfte der Anstieg der Energiemetaboliten während der Hauptfutteraufnahmezeit sein, der nach Untersuchungen von Brockman (1978) zu einer Steigerung der Glucagonsekretionsrate führt.

Wachstumshormon

Der hochsignifikant ($p \leq 0,001$) höhere Tagesmittelwert der Wachstumshormonkonzentration der DSB-Tiere gegenüber den DFV-Tieren scheint nach den Ergebnissen in 4.1.4. rassebedingt, also gentisch fixiert zu sein. So zeigten die DSB-Tiere gegenüber den DFV mit gleicher Milchleistung hochsignifikant ($p \leq 0,001$) höhere Wachstumshormonspiegel. Innerhalb der Rasse DSB zeigten erwartungsgemäß die Hochleistungstiere höhere STH-Spiegel. Hohe STH-Spiegel steigern die Gluconeogeneserate, und es stehen somit der Milchdrüse mehr Glucose und Vorstufen für die Milchdrüse zur Verfügung (Hart et al., 1975).

Auch Hart und Mitarbeiter (1975, 1978, 1980) konnten bei Hochleistungstieren hochsignifikant höhere STH-Spiegel gegenüber Tieren mit schlechter Leistung ermitteln. Da die beiden Leistungsgruppen jedoch aus Tieren unterschiedlicher Rassen bestanden, konnte nicht nachgewiesen werden, ob die ermittelten Unterschiede in den STH-Plasmaspiegeln auf rassebedingte und somit genetisch bedingte oder auf milchleistungsbedingte und somit metabolisch bedingte Ursachen zurückzuführen waren.

Im Gegensatz zu den DSB-Tieren konnte bei den DFV-Tieren kein Zusammenhang zwischen dem STH-Spiegel und der Milchleistung festgestellt werden. So zeigten die Kühe beider Fleckviehgruppen etwa gleich hohe STH-Spiegel, unabhängig vom Milchleistungsniveau. Als mögliche Erklärung ist in Betracht zu ziehen, daß der "Umverteilungseffekt" des Wachstumshormons, also die vermehrte Bereitstellung von Substraten für die Milchbildung, erst ab einer bestimmten Milchleistungshöhe, dementsprechend erst bei einem sehr hohen Bedarf seitens der Milchdrüse zur Wirkung kommt.

Entsprechend den Ergebnissen aus anderen Untersuchungen waren die tageszeitlichen Schwankungen des Wachstumshormonspiegels relativ gering. Der geringste Tageswert wurde bei beiden Rassen jeweils um 9.30 Uhr, also in der ersten Hälfte der Hauptfütterzeit ermittelt. Auch Vasilatos und Wangness (1979) berichteten über geringe STH-Werte während bzw. unmittelbar nach der Fütterung.

Konzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon

Unger beschrieb bereits 1972 die Bedeutung des Hormonkonzentrationsverhältnisses Insulin : Glucagon als bedeutungsvoll für die endogene Stoffwechselregulation. Ein verringertes Verhältnis Insulin : Glucagon begrenzt die periphere Glucoseutilisation, steigert die Gluconeogeneserate und erhöht somit die Glucoseverfügbarkeit für die Milchsynthese (Bines und Hart, 1978; De Boer et al., 1986). Auch Giesecke und Mitarbeiter (1987b) sehen in der Abnahme des Plasma-Insulins als Inhibitor der Gluconeogenese bei gleichzeitiger, durch Laktationsstress bedingter Glucagonaktivierung eine wesentliche Voraussetzung für die ausreichende Bereitstellung von Glucose für die Milchdrüse und somit für eine hohe tägliche Milchleistung. Diese Zusammenhänge konnten hier bestätigt werden. So wiesen die DSB-Tiere mit der höchsten Milchleistung die geringsten und die DFV-Tiere mit geringer Milchleistung die höchsten Quotientenwerte auf. Jedoch konnten auch, unabhängig von unterschiedlichen endogenen Belastungen durch unterschiedliche Milchleistung, zwischen DSB- und DFV-Kühen rassebedingte Unterschiede in der Höhe des Konzentrationsverhältnis Insulin:Glucagon aufgezeigt werden.

Das hochsignifikant ($p \leq 0,001$) unterschiedliche Konzentrationsverhältnis Insulin:Glucagon zwischen den beiden Fleckviehgruppen ergab sich aus nur geringen Unterschieden im Plasmainsulinspiegel, denen jedoch sehr große Unterschiede im Plasmaglucagonspiegel entgegenstanden.

Entsprechend der bereits beschriebenen Bedeutung des Hormonkonzentrationsverhältnisses Insulin : Glucagon für die Regulierung des Glucosestoffwechsel konnten für die Beziehung zwischen dem Glucosespiegel und dem Konzentrationsverhältnis Insulin:Glucagon bei beiden Rassen positive, jedoch nicht signifikante Korrelationskoeffizienten ermittelt werden.

Konzentrationsverhältnis Insulin : STH

Hinsichtlich rassebedingter, bzw. milchleistungsbedingter Unterschiede im Wert des Konzentrationsverhältnisses Insulin : STH zeigten sich die gleichen Ergebnisse wie bei den der Quotientenberechnung zugrundeliegenden Parametern Insulin und Wachstumshormon.

Innerhalb der Rasse zeigten die Hochleistungstiere, insbesondere bei den DSB-Tieren, ein geringeres Konzentrationsverhältnis Insulin : STH gegenüber den Tieren mit geringer Leistung. Der daraus ersichtliche Einfluß des Konzentrationsverhältnisses Insulin : STH auf die Höhe der Milchleistung durch gesteigerte Gluconeogenese und somit vermehrter Bereitstellung von Substraten für die Milchsynthese wurde bereits von mehreren Autoren beschrieben (Smith et al., 1976; Giesecke, 1981; De Boer et al., 1985). Dieser Ein-

fluß konnte auch durch die, für beide Rassen errechnete, positive Korrelation zwischen dem Glucosespiegel und dem Konzentrationsverhältnis Insulin : STH dargestellt werden. Ein niedriges Hormonkonzentrationsverhältnis bewirkt einen starken Glucoseabfluß über die Milchdrüse, senkt somit den Plasmaglucosespiegel.

Da in katabolen Stoffwechsellagen hohe FFS-Konzentrationen im Blutplasma auftreten und gleichzeitig das Verhältnis Insulin : STH absinkt, war eine negative Beziehung zwischen FFS-Spiegel und dem Konzentrationsverhältnis Insulin : STH zu erwarten. Diese negative Korrelation konnte bei beiden Rassen errechnet, doch statistisch nicht abgesichert werden.

Die Tagesverlaufskurven des Konzentrationsverhältnis Insulin : STH zeigten bei beiden Rassen einen ähnlichen Verlauf wie die Insulinkurven. Der bereits beim Insulin beschriebene Anstieg in der ersten Hälfte der Hauptfütterungszeit war jedoch beim Quotienten Insulin : STH noch deutlicher ausgeprägt, da zu diesem Zeitpunkt die jeweils geringsten STH-Plasmaspiegel auftraten und somit zu einem starken Anstieg des Quotienten führten.

5.2. Energiemetaboliten- und Hormonspiegel zwischen 30. und 47. Laktationstag

Glucose

Bei den DFV-Kühen entsprachen der Gesamtmittelwert und auch die Mittelwerte zu den 6 Entnahmezeitpunkten innerhalb der Hochlaktation dem ermittelten Tagesmittelwert aller DFV-Tiere am 30. (± 2) Laktationstag.

Der höhere Gesamtmittelwert der DSB-Tiere im Laktationsversuch gegenüber dem ermittelten Tagesmittelwert im ersten Versuchsteil könnte darauf beruhen, daß für die DSB-Tiere das Fixieren und die Venenpunktion eine höhere Streßbelastung darstellt als für die - ruhigeren - Fleckviehtiere. Lindsay (1971) wies auf eine gewisse Streßempfindlichkeit des Plasmaglucosespiegels hin. Die höheren Plasmaglucosespiegel der DSB-Tiere in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes deuten auf eine beginnende Stabilisierung der Energiestoffwechsellaage zu diesem Zeitpunkt hin.

FFS

Die, zu jedem Entnahmezeitpunkt deutlichen, meist signifikanten Unterschiede in der Konzentration der FFS bei den DSB- und bei den DFV-Tieren entsprachen den von Meyer (1983) und Giesecke et al. (1987c) beschriebenen Ergebnissen bei Untersuchungen mit ähnlichem Tiermaterial. Jedoch ermittelten die Autoren bei beiden Rassen etwas höhere FFS-Plasmaspiegel.

Der nur bei den DSB-Tieren festgestellte Abfall der FFS-Konzentration deutet, zusammen mit dem bereits beschriebenen Anstieg des Glucosespiegels, auf eine gewisse Stabilisierung des Energiestoffwechsels gegen Ende des Untersuchungszeitraumes hin. Ein kontinuierlicher Abfall der FFS-Konzentration ab der 2. - 3. Woche post partum wurde auch in früheren Untersuchungen festgestellt (Kosak, 1980; Meyer, 1983).

Die enge positive Beziehung zwischen der Konzentration der FFS im Blutplasma und der Milchleistung bei den DSB-Tieren unterstützt die bereits im ersten Versuchsteil diskutierte Erkenntnis, daß bei den DSB-Kühen hohe Milchleistung mit einer starken Fettgewebsmobilisierung verbunden ist. Auch Giesecke und Mitarbeiter (1987c) beschreiben den engen Zusammenhang zwischen dem FFS-Spiegel und der erbrachten Milchleistung. Die Autoren sehen in der erhöhten FFS-Konzentration im Plasma die Voraussetzung für eine hohe Milchproduktion und nicht deren Folge.

Insulin

Der Unterschied im Gesamtmittelwert der Plasmainsulinkonzentration zwischen den beiden Rassen war geringer, verglichen mit dem Rasseunterschied im Tagesmittelwert des ersten Versuchsteils. Dies dürfte im Zeitpunkt der Probeentnahme (14 Uhr) begründet sein, da wie im Tagesprofil des Parameters Insulin bereits beschrieben, nur vormittags deutliche Unterschiede im Plasmainsulinspiegel zwischen den DSB und DFV auftraten, die dann nachmittags nicht mehr so ausgeprägt waren.

Da Kühe mit geringer Milchleistung relativ hohe Insulinspiegel und wegen des geringen Substratabzuges seitens der Milchdrüse auch hohe Glucosespiegel aufweisen und umgekehrt bei Hochleistungskühen geringe Insulinspiegel und Glucosespiegel ermittelt wurden (Giesecke, 1981), war zwischen diesen beiden Parametern eine positive Beziehung zu erwarten. Diese Beziehung konnte für beide Rassen statistisch ($p \leq 0,05$) abgesichert werden. Die errechneten Korrelationskoeffizienten (DFV: $r = +0,58$; DSB: $r = +0,44$) entsprachen dem von Vasilatos und Wangsness (1979) ermittelten Korrelationskoeffizienten von $r = +0,44$ ($p \leq 0,01$) bei HF-Kühen.

Im Vergleich zu den Untersuchungen von Walsh und Mitarbeitern (1980), die für die Beziehung zwischen Insulinspiegel und erbrachter Milchleistung einen Korrelationskoeffizienten von $r = -0,33$ ($p < 0,01$) errechneten, konnten sowohl für die DSB- als auch für die DFV-Tiere ein wesentlich höherer Korrelationskoeffizient (jeweils $r = -0,65$, $p < 0,01$) ermittelt werden. Eine negative Beziehung zwischen Insulinspiegel und erbrachter Milchleistung begründet sich in der Tatsache, daß hohe Spiegel des anabolen Hormons Insulin zu einer gesteigerten peripheren Glucoseutilisation führen und somit der Milchdrüse weniger Glucose zur Verfügung steht. Bereits 1981 beschrieb Giesecke den Zusammenhang zwischen Selektion auf hohe Milchleistung und Züchtung von Kühen mit herabgesetzter Insulinsekretion.

Glucagon

Zwar zeigten die DSB-Tiere im Gesamtmittelwert einen höheren Plasmagluca^gonspiegel, jedoch ist der Unterschied zwischen den Rassen nicht signifikant.

Untersuchung von Herbein und Mitarbeitern (1985) an HF-Kühen, die weitgehend konstante Gluca^gonspiegel im Verlauf der Laktation ergaben, konnten im Untersuchungszeitraum sowohl für die DSB- als auch für die DFV-Tiere bestätigt werden.

Die bei der Erstellung des Gluca^gontagesprofils ermittelte und bereits diskutierte, negative Korrelation zwischen dem Gluca^gonspiegel und der Konzentration der FFS bei den DSB-Kühen, konnte auch im Verlauf der Hochlaktation mit dem annähernd gleichen Korrelationskoeffizienten errechnet und statistisch abgesichert werden.

Konzentrationsverhältnis Insulin : Gluca^gon

Der Konstanz der Spiegel von Insulin und Gluca^gon entsprechend zeigte auch der Quotient im gesamten Untersuchungszeitraum bei beiden Rassen relativ konstante Werte.

Die bei den DFV-Tieren ermittelte, enge positive Korrelation ($r = +0,59$, $p \leq 0,05$) zwischen dem Konzentrationsquotienten Insulin : Gluca^gon und dem Blutglucosespiegel ist da-

rauf zurückzuführen, daß Kühe mit einem hohen Konzentrationsquotienten nur eine relativ geringe Milchleistung und wegen des damit verbundenen geringen Substratabzuges seitens der Milchdrüse relativ hohe Blutglucosespiegel aufweisen, und umgekehrt Kühe mit einem niedrigeren Konzentrationsquotienten aufgrund der höheren Milchleistung auch einen niedrigeren Blutglucosespiegel aufweisen.

Die bei den DSB-Tieren ermittelte, positive Beziehung zwischen dem Wert des Quotienten und dem Spiegel der FFS kann mit der festgestellten, negativen Korrelation zwischen FFS- und Glucagonspiegel bzw. mit Erkenntnissen aus dem Tagesprofilversuch erklärt werden. Wie bereits beschrieben, wiesen die Hochleistungstiere der DSB-Rasse sehr hohe FFS-Spiegel, verbunden mit geringen Glucagonspiegeln auf. Niedrige Glucagonspiegel führen jedoch zu einem Anstieg des Quotienten.

5.3. Folgerungen

Unterschiede zwischen den Rassen DFV und DSB, sowohl im Blutglucosespiegel und in der Konzentration der FFS im Blutplasma als auch den Plasmainsulin- und Wachstumshormonspiegeln, scheinen nicht ausschließlich in einer unterschiedlichen Energiestoffwechsellage begründet zu sein. Vielmehr konnten bei den genannten Blutparametern, unabhängig von der Stoffwechselbelastung durch unterschiedliche Milchleistung, rassebedingte also letztlich genetisch fixierte Unterschiede festgestellt werden.

Da die Fleckviehtiere beider Leistungsgruppen annähernd die gleichen Metabolitenspiegel, also Glucose- und FFS-Spiegel, verbunden mit gleichen Insulin- und STH-Spiegeln aufwiesen, scheinen beide Gruppen, trotz unterschiedlicher Milchleistung, in einer gleich günstigen Energiestoffwechsellage zu sein. Sollten stoffwechselregulatorische Regelmechanismen verantwortlich sein für die wesentlich höhere Milchleistung der Tiere aus Gruppe II gegenüber den Tieren der Gruppe I, so kommen dafür der hochsignifikant höhere Glucagonspiegel bzw. das hochsignifikant erniedrigte Hormonkonzentrationsverhältnis Insulin : Glucagon der Gruppe II gegenüber der Gruppe I, die zu einer Senkung des peripheren Glucoseverbrauches und zu einer Steigerung der Gluconeogenese, somit letztlich zu einer gesteigerten Glucoseproduktion führen, in Frage.

Betrachtet werden muß allerdings auch die Möglichkeit, daß die unterschiedliche Milchleistung zwischen den beiden Gruppen teilweise durch Unterschiede in der Sekretionsleistung der Milchdrüse bedingt sein könnte (Blum, 1983; Knight und Wilde, 1987). So könnten limitierende Faktoren, so z.B. geringe Zahl und geringe Sekretionsleistung von Drüsenzellen bei den Tieren der Gruppe I, trotz annähernd gleichem Substratangebot gegenüber den Tieren der Gruppe II, zu einer verminderten Milchleistung führen. Der dadurch verringerte Glucoseabzug durch die Milchdrüse führt zu einem verminderten Gesamtglucosebedarf, der wiederum zu einer Reduzierung der Gluconeogeneserate und rükkoppelnd zu einem relativ geringen Plasmaglucagonspiegel führen könnte.

Bei den DSB-Kühen zeigten die Hochleistungstiere eine deutlich verstärkte Energiestoffwechselbelastung gegenüber den Tieren mit geringer Milchleistung. Die festgestellten geringen Plasmainsulinspiegel verbunden mit hohen Wachstumshormonspiegeln bedingen eine Steigerung der Fettgewebsmobilisierung, eine Erhöhung der Verfügbarkeit von Substraten für die Gluconeogenese und letztlich eine Steigerung der Glucoseproduktion. Daß trotz der gesteigerten Glucoseproduktion der Plasmaglucosespiegel der Hochleistungstiere niedriger als bei Tieren mit geringer Leistung ist, resultiert aus einem verstärkten Abzug der Glucose für die Milchsynthese (Bickerstaff et al., 1974). Diese Energieverteilung zugunsten der Milchdrüse wird durch einen hohen STH-Spiegel bzw. ein niedriges Insulin : STH-Konzentrationsverhältnis begünstigt (Giesecke, 1981).

Der festgestellte, geringe Glucagonspiegel bei Hochleistungstieren bzw. die negative Beziehung zwischen der Konzentration der FFS im Blutplasma und dem Glucagonspiegel scheinen, insbesondere als mögliche Ursache für Entgleisungen im Energiestoffwechsel in der Hochlaktation, interessant und bedürfen daher weiterer Untersuchungen.

6. Zusammenfassung

Bei 12 Milchkühen der Rasse Deutsches Fleckvieh (DFV) und bei 13 Milchkühen der Rasse Deutsche Schwarzbunte (DSB) wurden am 30. (± 2) Laktationstag durch mehrmalige Blutentnahmen (8.00, 9.30, 11.00, 12.30, 13.00, 13.30, 14.00, 14.30 und 15.30 Uhr) die Tagesprofile der Energiemetaboliten Glucose und Freie Fettsäuren (FFS) sowie der Hormone Insulin, Glucagon und Wachstumshormon (STH) bestimmt. Außerdem wurden die molaren Konzentrationsverhältnisse Insulin : Glucagon sowie Insulin : STH berechnet.

Im zweiten Versuchsteil wurden mittels sechsmaliger Blutentnahmen zwischen dem 30. und 47. Laktationstag bei 20 DFV- und 16 DSB-Kühen die Energiemetaboliten- sowie die Insulin- und Glucagonkonzentrationen im Verlauf der Hochlaktation ermittelt.

Sämtliche Tiere stammten aus der Herde des Lehr- und Versuchsgutes in Oberschleißheim. Alle Tiere befanden sich in der ersten Laktation. Die Tiere waren im Laufstall aufgestellt, die Futterration setzte sich aus Heu, Mais- und Grassilage ad libitum und Milchleistungsfutter je nach Milchleistung zusammen.

Folgende Ergebnisse wurden ermittelt:

1. Die DFV-Kühe zeigten gegenüber den DSB-Kühen signifikant höhere Tagesmittelwerte der Glucose- und Insulinkonzentration, verbunden mit hochsignifikant ($p \leq 0,001$) niedrigeren Spiegeln der FFS und des Wachstumshormons. Die molaren Konzentrationsverhältnisse Insulin : Glucagon sowie Insulin : STH wiesen bei den DFV-Kühen signifikant ($p \leq 0,05$ bzw. $p \leq 0,01$) höhere Werte auf als bei den DSB-Kühen. Wie ein Vergleich von DSB- und DFV-Tieren mit gleicher Milchleistung zeigte, waren diese Unterschiede primär rassebedingt.

2. Im Vergleich der Glucagonspiegel beider Rassen zeigten sich nur geringe, statistisch nicht abgesicherte Unterschiede. DSB-Kühe mit sehr hoher täglicher Milchleistung und einer daraus resultierenden, katabolen Stoffwechsellaage wiesen hochsignifikant ($p \leq 0,001$) niedrigere Glucagonspiegel auf als die DSB-Kühe mit geringer Milchleistung. Für die Beziehung zwischen dem Glucagonspiegel und der Konzentration der FFS im Blut konnte bei den DSB-Tierenein Korrelationskoeffizient von $r = -0,50$ ($p \leq 0,05$) errechnet werden.
3. Sowohl bei den DFV- als auch bei den DSB-Kühen zeigte sich während der Hauptfutteraufnahme ein signifikanter Abfall der FFS-Spiegel. Demgegenüber konnten jeweils Maximalwerte der Insulinkonzentration sowie des molaren Konzentrationsquotienten Insulin : STH während der Hauptfutteraufnahme ermittelt werden.
4. Bei beiden Rassen war der Spiegel des anabolen Hormons Insulin negativ mit der Milchmenge korreliert (jeweils für beide Rassen: $r = -0,65$; $p \leq 0,01$). Bei den DSB-Kühen zeigte sich außerdem eine positive Korrelation $r = +0,57$; $p \leq 0,01$) zwischen der Konzentration der FFS im Blut und der Milchmenge.
5. Bei beiden Rassen konnte eine positive Beziehung zwischen dem Insulinspiegel und dem Glucosespiegel nachgewiesen werden (DFV: $r = +0,58$; $p \leq 0,05$; DSB: $r = +0,44$; $p \leq 0,05$). Der Grund dafür dürfte in den negativen Korrelationen beider Parameter mit der Milchleistung zu suchen sein.

7. Summary

Insulin, Glucagon, Growth Hormone, Glucose, and Free Fatty Acids in German Simmental and in German Black and White Dairy Cows during the Highlactation Period.

On the 30th (± 2) day of lactation blood samples were taken from 12 German Simmental (GS) dairy cows and 13 German Black and White (GBW) dairy cows at 8 a.m., 9.30 a.m., 11 a.m., 12.30 p.m., 1 p.m., 1.30 p.m., 2 p.m., 2.30 p.m., 3.30 p.m. in order to determine the diurnal rhythm of glucose, free fatty acids (FFA), insulin, glucagon, growth hormone (GH), and the molar ratios insulin:glucagon and insulin:GH.

During the second part of the experiment the concentrations of glucose, FFA, insulin and glucagon during the high-lactation period were determined in 6 blood samples taken between the 30th and 47th day of lactation from 20 GS and 16 GBW dairy cows.

All the animals were from the herd of the university farm (Lehr- und Versuchsgut) at Oberschleißheim. They were all in the first lactation. The cows were kept in loose housing; the feed consisted of a mixture of hay, maize- and grass-silage ad libitum and concentrate depending on the milk yield.

The following results were obtained:

1. The GS cows showed, compared to the GBW, significantly higher daily averages of concentrations of plasma-glucose

and plasma-insulin, together with high significant lower blood levels of FFA and GH. The molar ratios insulin : glucagon as well as insulin : GH were significantly higher in GS than in GBW. As a comparison of GS and GBW animals with the same milk yield showed, these differences were mainly breed-dependent.

2. The levels of plasma glucagon of both breeds showed no significant difference. GBW with a very high daily milk yield, showed a significantly ($p \leq 0,001$) lower level of plasma glucagon as the GBW with a lesser milk yield. The correlation-coefficient between the level of glucagon and FFA for the GBW was $r = -0,50$ ($p \leq 0,05$).
3. A significant drop of the level of FFA occurred in both breeds during the main feed. In the case of insulin and the molar ratio insulin : GH the opposite was found: maximal levels during the main feed.
4. In both breeds insulin was negatively correlated with the milk yield (for both breeds: $r = -0,65$; $p \leq 0,01$). In GBW there was a positive correlation ($r = +0,57$; $p \leq 0,01$) between the FFA and the milk yield.
5. In both breeds there was a positive correlation between the level of insulin and glucose (GS: $r = +0,58$; $p \leq 0,05$; GBW: $r = +0,44$; $p \leq 0,05$). The reason for this may be due to the negative correlations of both parameters with the milk yield.

8. Literaturverzeichnis

ADAM, F., 1982

Enzymaktivitäten und Substratkonzentrationen im Blut
von monozygoten weiblichen Rinderzwillingen.
Diss. agr., Kiel

ASIMOV, G.J., N.K., KROUZE, 1937

The lactogenic preparations from the anterior pituitary
and the increase of milk yields in cows.
J. Dairy Sci., 20, 289-304

ATHANASIOU, V.N., R.W. PHILLIPS, 1978a

Stability of plasma metabolites and hormones in lacta-
ting dairy cows.
Am. J. Vet. Res. 39, 949-952

ATHANASIOU, V.N., R.W. PHILLIPS, 1978b

Stability of plasma metabolites and hormones in patru-
lent dairy cows.
Am. J. Vet. Res. 39, 953-956

ATHANASIOU, V.N., R.W. PHILLIPS, 1978c

Effect of fasting on plasma metabolites and hormones in
lactating dairy cows.
Am. J. Vet. Res. 39, 957-960

BALDWIN, R.L., N.E. SMITH, 1971

Intermediary aspects and tissue interactions of rumi-
nant fat metabolism.
J. Dairy Sci. 54, 583-595

BALDWIN, R.L., N.E. SMITH, 1979

Regulation of energy metabolism in ruminants.
Adv. Nutr. Res. 2, 1-27

BARNES, A.M., G.W. KAZMER, R.M. AKERS, R.E. PEARSON, 1985

Influence of selection for milk yield on endogenous hor-
mones and metabolites in Holstein heifers and cows.
J. Anim. Sci. 60 (1), 271

BASSETT, J.M., 1970

The effects of glucagon on plasma concentrations of insulin, GH, glucose and free fatty acids in sheep: comparison with the effects of catecholamines.

Aust. J. biol. Sci. 24, 311-320

BASSETT, J.M., 1978

Endocrine factors in the control of nutrient utilization: ruminants.

Proc. Nutr. Soc. 37, 272-280

BASSETT, J.M., J.P. HOGAN, R.H. WESTON, 1971

Dietary regulation of plasma insulin and growth hormone concentration in sheep.

Austr. J. biol. Sci. 24, 321-330

BAUMAN, D.E., 1976

Intermediary metabolism of adipose tissue.

Fed. Proc. 35, 2308-2313

BAUMAN, D.E., W.B. CURRIE, 1980

Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: a review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis.

J. Dairy Sci. 63, 1514-1529

BAUMAN, D.E., J.C. PEEL, R.C. GOREWITZ, C.J. SNIFFEN, 1980

Effect of exogenous growth hormone on nutrient utilization in high producing dairy cows.

Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf., 23-29

BAUMAN, D.E., P.J. EPPARD, M.J. DEGEETER, G.M. LANZA, 1985

Responses of high-dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin.

J. Dairy Sci. 68, 1352-1362

BERGMAN, E.N., 1973

Glucose metabolism in ruminant as related to hypoglycemia and ketosis.

Cornell Vet. 63, 341-382

BICKERSTAFF, R., E.F. ANNISON, J.L. LINZELL, 1974

The metabolism of glucose, acetone, lipids and amino acids in lactating dairy cows.

J. Agric. Sci. Camb. 82, 71-75

BINES, J.A., J.C. HART, 1978

Hormonal regulation of the partition of energy between milk and body tissue in adult cattle.

Proc. Nutr. Soc. 37, 281-287

BINES, J.A., I.C. HART, S.V. MORANT, 1980

Endocrine control of energy metabolism in the cow: The effect on milk yield and levels of some blood constituents of injecting growth hormone and growth hormone fragments.

Br. J. Nutr. 43, 179-188

BINES, J.A., I.C. HART, 1982

Metabolic limits to milk production, especially roles of Growth hormone and insulin.

J. Dairy Sci. 65, 1375-1389

BLOOM, S.R., A.V. EDWARDS, 1978

Certain pharmacological characteristics of the release of pancreatic glucagon in response to stimulation of the splanchnic nerves.

J. Physiol. 280. 25-35

BLUM, J.W., 1983

Endokrinologie und Tierproduktion.

Schweiz. Arch. Tierheilkunde 125, 827-850

BLUM, J.W., P. KUNZ, 1980 -

Stoffwechselprofile: Veränderungen von Hormonen und Metaboliten in Zusammenhang mit der Milchleistung.
Schweiz. Land. Mh. 58, 453-465

BLUM, J.W., D. FROEHLI, P. KUNZ, 1982

Effects of catecholamines on plasma free fatty acids in fed and fasted cattle.
Endocrinol. 110, 452-459

BLUM, J.W., P. KUNZ, H. LEVENBERGER, 1983

Thyroid hormones, blood plasma metabolites and haematological parameters in relationship to milk yield in dairy cows.
Anim. Prod. 36, 93-104

BOER DE, G., A. TRENKLE, J.W. YOUNG, 1985

Glucagon, insulin, growth hormone, and some blood metabolites during energy restriction ketonemia of lactating cows.
J. Dairy Sci. 68, 326-337

BOER DE, G., A. TRENKLE, J.W. YOUNG, 1986

Secretion and clearance rate of glucagon in dairy cows.
J. Dairy Sci. 69, 721-733

BROCKMAN, R.P. 1978

Roles of glucagon and insulin in the regulation of metabolism in ruminants - a review.
Can. Vet. J. 19, 55-62

BROCKMAN, R.P., 1986

Pancreatic and adrenal hormone regulation of metabolism.
In: MILLIGAN, L.P., W.L. GROVUM, A. DOBSON (Hrsg.)
Control of Digestion and Metabolism in Ruminants.
Verlag Emglewood, Cliffs, 405-419

BROCKMAN, R.P., E.N. BERGMAN, 1975

Effect of glucagon on plasma alanine and glutamine metabolism and hepatic gluconeogenesis in sheep.
Am. J. Physiol. 228 (6), 1627-1633

- BROCKMAN, R.P., E.N. BERGMAN, P.K. JOO, J.G. MANNS, 1975
Effects of glucagon and insulin on net hepatic metabolism of glucose precursors in sheep.
Am. J. Physiol. 229 (5), 1344-1350
- BROCKMAN, R.P., M.R. JOHNSON, 1977
Evidence of a role for glucagon in regulating glucose and β -hydroxybutyrate metabolism in sheep.
Can. J. Anim. Sci. 57, 177-180
- BROCKMAN, R.P., C. GREER, 1980
Effects of somatostatin and glucagon on the utilizations of 2-14C propionate in glucose production in vivo in sheep.
Austr. J. Biol. Sci. 33, 457-464
- BROCKMAN, R.P., B. LAARVELD, 1986
Hormonal regulation of metabolism in ruminants; A review.
Livestock Prod. Sci. 14, 313-334
- BUDDECKE, E., 1980
Grundriß der Biochemie.
Verlag Walter de Gruyter, 6. Auflage, Berlin-New York
- COENEN, M., 1979
Zum Einfluß der Nährstoffversorgung ante und post partum auf Milchmenge und Milch zusammensetzung sowie spezifische Blutwerte bei Kühen mittlerer und hoher Leistung.
Diss. med. vet., Hannover
- COLLIER, R.J., J.P. McNAMARA, C.R. WALLACE, M.H. DENHOFF, 1984
A review of endocrine regulation of metabolism during lactation.
J. Anim. Sci. 59, 498-510
- CUMMINS, C.A., J.L. SARTIN, 1987
Response of insulin, glucagon and growth hormone to intravenous glucose challenge in cows fed high fat diets.
J. Dairy Sci. 70, 277-283

DENNHÖFER, W., 1988

Einfluss von rekombiniertem, bovinem Somatotropin auf die Milchleistung, Milchezusammensetzung und das Körpergewicht beim Deutschen Fleckvieh.

Diss. med. vet., München

DI MARCO, N.M., D.C. BEITZ, G.B. WHITE HURST, 1981

Effect of fasting on non-esterified fatty acids, glycerol and cholesterol concentrations in blood plasma and lipoprotein lipase activity in adipose tissue of cattle.

J. Anim. Sci. 52, 75-82

ETHERTON, T.D., D.E. BAUMAN, J.R. ROMANS, 1977

Lipolysis in subcutaneous and perirenal adipose tissue from sheep and dairy steers.

J. Anim. Sci. 44, 1100-1106

FISCHER, W., H. SOMMER, 1978

Untersuchungen zum Erblichkeitsgrad verschiedener Metaboliten und einiger Mineralstoffe im Blutserum von schwarzbunten Jungbullen.

Züchtungskunde 50, 114-126

FURTMAYR, L., 1975

Untersuchungen über Metabolitenkonzentrationen und Enzymaktivitäten im Blutplasma von Hochleistungsrinder.

Diss. med. vet., München

GIESECKE, D., 1972

Vormagenstoffwechsel und Glucogenese beim Wiederkäuer.

Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 28, 294-300

GIESECKE, D., 1981

Zum Problem stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühe.

Der Tierzüchter 12, 520-522

GIESECKE, D., 1984

Stoffwechselstörungen nach dem Kalben.
Der Tierzüchter 36, 300-301

GIESECKE, D., M. STANGASSINGER, 1982

Limits of metabolic performance in high - yielding dairy cows.
Animal Res. and Dev. 16, 95-102

GIESECKE, D., J. MEYER, F. GRAF und F. KOSAK, 1987a:

Stoffwechselbelastung, Freie Fettsäuren und Ketogenese bei Kühen mit hoher Milchleistung.

In:

Fortschritte d. Tierphysiol. u. Tierernährg. 18, 10-19

GIESECKE, D., M. STANGASSINGER und W. VEITINGER, 1987b:

Plasma-Insulin und Insulinantwort bei Kühen mit hoher Milchleistung.

In:

Fortschritte d. Tierphysiol. u. Tierernährg. 18, 20-30

GIESECKE, D.H. MEYER und G. LOIBL, 1987c:

Lipidmobilisation und Fettsäuremuster bei Kühen mit hoher Milchleistung.

In:

Fortschritte d. Tierphysiol. u. Tierernährg. 18, 43-56

GILL, W., G.E. MITCHELL, J.R.J.A. BOLING, R.E. TUCKER, G.T. SCHELLING, R.M. DeGREGORIO, 1985

Glucagon influence on gluconeogenesis and oxidation of propionic acid and threonine by perfused ovine liver.
J. Dairy Sci. 68, 2886-2894

GONDESEN, F., 1979

Untersuchungen zu Heritabilitätsschätzungen von Blutbestandteilen (Glucose, Gesamtbilirubin, Gesamtcholesterin, GOT und Phosphor) bei Milchrindern.

Diss. med. vet., Hannover

GRAF, F., 1981

Genetische Einflüsse auf Enzymaktivitäten und Metabolitenkonzentrationen im Blut als Belastbarkeitskriterien für Milchkühe.

Habilitationsschrift, München

GRAVERT, H.O., 1980

Milchleistung und Melkbarkeit.

In: Comberg, G. (Hrsg)

Tierzüchtungslehre

Verlag Ulmer, Stuttgart

HART, I.C., 1983

Endocrine control of nutrient partition in lactating ruminants.

Proc. Nutr. Soc. 42, 181-194

HART, I.C., J.A. BINES, C.L. BALCH, A.T. COWIE, 1975

Hormone and metabolite differences between lactating beef and dairy cattle.

Life Sci. 16, 1285-1292

HART, I.C., J.A. BINES, S.V. MORANT, J.L. RIDLEY, 1978

Endocrine control of energy metabolism in the cow: Comparison of the levels of hormones (prolactin, growth hormone, insulin and thyroxine) and metabolites in the plasma of high and low-yielding cattle at various stages of lactation.

J. Endocrinol. 77, 333-345

HART, I.C., J.A. BINES, S.V. MORANT, 1979

Endocrine control of energy metabolism in the cow: Correlations of hormones and metabolites in high and low yielding cows for stages of lactation.

J. Dairy Sci. 62, 270-277

HART, I.C., J.A. BINES, S.V. MORANT, 1980

The secretion and metabolic clearance rates of growth hormone, insulin and prolactin in high and low yielding cattle at four stages of lactation.

Life Sci. 27, 1839-1847

HENRICSON, B., G. JÖNSSON, B. PEHRSON, 1977

"Lipid pattern", glucose concentration, and ketose body level in the blood of cattle. Variations with age, stage of lactation, and between groups of half-sisters.

Zbl. Vet. Med. A 24, 89-102

HERBEIN, J.H., R.J. AIELLO, L.J. ECKLER, R.E. PEARSON, R.M. AKERS, 1985

Glucagon, insulin, growth hormone and glucose concentrations in blood plasma of lactating dairy cows.

J. Dairy Sci. 68, 320-325

HOVE, K., A.K. BLOM, 1973

Plasma insulin and growth hormone in dairy cows: diurnal variation and relation to food intake and plasma sugar and acetoacetate levels.

Acta Endocrinol. 73, 289-303

JONG DE, A., 1982

Patterns of plasma concentrations of insulin and glucagon after intravascular and intraruminal administration of volatile fatty acids in the goat.

J. Endocrinol. 92, 357-370

KARG, H., 1987

Hormonale Manipulation des Wachstums.

Übers. Tierernährung 15, 1-28

KARG, H., H. MAYER, 1987

Manipulation der Laktation.

Übers. Tierernährung 15, 29-58

KIRCHGESSNER, M., 1987

Tierernährung. Leitfaden für die Praxis, Beratung und Studium.

DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 7. Auflage

KIRCHGESSNER, M., F.X. ROTH, D. SCHAMS, H. KARG, 1987

Influence of exogenous GH on performance and plasma GH concentrations of female veal calves.

J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr. 58, 50-59

KNIGHT, C.H., M. PEAKER, 1982

Development of the mammary gland.

J. Reprod. Fert. 65, 521-536

KNIGHT, C.H., C.J. WILDE, 1987

Mammary growth during lactation: Implications for increasing milk yield.

J. Dairy Sci. 70, 1991-2000

KOPROWSKI, J.A., H.A. TUCKER, 1973

Bovine serum growth hormone, corticoids and insulin during lactation.

Endocrinol. 93, 645-651

KOSAK, F., 1980

Untersuchungen über die Konzentration der Freien Fettsäuren im Blutplasma zur Ermittlung stoffwechselphysiologischer Leistungsgrenzen bei Hochleistungskühen.

Diss. med. vet., München

KRÄUBLICH, H., 1981

Züchtung

In: Rinderzucht

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

KRONFELD, D.S., 1965

Plasma non-esterified fatty acid concentrations in the dairy cow: responses to nutritional and hormonal stimuli, and significance in ketosis.

The Vet. Record 77, 30-34

KUNZ, P.L., J.W. BLUM, I.C. HART, H. BICKEL, J. LANDIS, 1985

Effects of different energy intakes before and after calving on food intake, performance and blood hormones and metabolites in dairy cows.

Anim. Prod. 40, 219-231

LEHMER, J., 1986

Reaktionen von Blutparametern weiblicher Jungrinder auf Belastung durch Futterentzug und durch intravenöse Glucoseapplikation.

Diss. med. vet., München

LINDSAY, D.B., 1971

The effect of feeding pattern and sampling procedure of blood parameters.

Brit. Soc. Anim. Prod., Occ. Publ. 1, 99-120

LAND, R.B., W.R. CARR, I.C. HART, T.J. OSMOND, R. THOMPSON, N. TILIKARATNE, 1983

Physiological attributes as possible selection criteria for milk production.

Anim. Prod. 37, 165-178

MACHLIN, L.J., 1973

Effect of growth hormone on milk production and feed utilization in dairy cows.

J. Dairy Sci. 56, 575-582

McACTEE, J.W., A. TRENKLE, 1971

Metabolic regulation of plasma insulin levels in cattle.

J. Anim. Sci. 33, 438-442

McDOWELL, G.H., 1983

Hormonal control of glucose homeostasis in ruminants.

Proc. Nutr. Soc. 42, 149-167

McNAMARA, J.P., J.K. HILLERS, 1986a

Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation.

1. Lipid synthesis in response to increased milk production and decreased energy intake.

J. Dairy Sci. 69, 3032-3041

McNAMARA, J.P., J.K. HILLERS, 1986b

Regulation of bovine adipose tissue metabolism during lactation.

2. Lipolysis response to milk production and energy intake.

J. Dairy Sci. 69, 3042-3050

MEYER, H., 1983

Untersuchungen über die Fettgewebslipolyse zu Beginn der Laktation bei Kühen mit hoher Milchleistung.

Diss. med. vet., München.

MÜLLER, I., CH. GOTTSCHILD, E. KOLBE, H. SEIDEL, G. ZIEMKE, 1982

Untersuchungen über den Gehalt an Glucose, an freien Fettsäuren, an Insulin, an Ca, an P und an Mg sowie über die Aktivität der alkalischen Phosphatase im Blutplasma von 10 laktierenden Jersey-Rindern über einen Zeitraum von 24 h. Mh. Vet. Med. 37, 103-108

PEEL, C.J., D.E. BAUMAN, R.C. GOREWIT, CH.J. SNIFFEN, 1981

Effect of exogenous growth hormone on lactational performance in high yielding dairy cows.

J. Nutr. 111, 1662-1671

PEEL, C.J., T.J. FRONK, D.E. BAUMAN, R.C. GOREWIT, 1983

Effect of growth hormone in early and late lactation on lactational performance of dairy cows.

J. Dairy Sci. 66, 776-782

- RADLOFF, H.D., L.H. SCHULTZ, W.G. HOEKSTRA, 1966
Relationship of plasma free fatty acids to other blood components in ruminants under various physiological conditions.
J. Dairy Sci. 49, 179-182
- RADLOFF, H.D., L.H. SCHULTZ, 1966
Hormonal regulation of plasma free fatty acid concentration in ruminants.
J. Dairy Sci. 49, 971-975
- ROWLANDS, G.J., J.M. PAYNE, S.M. DEW, R. MASTON, 1974
Individuality and heritability of the blood composition of calves with particular references to the selection of stock with improved growth potential.
J. agric. Sci. Camb. 82, 473-481
- ROWLANDS, G.J., R. MANSTON, R.M. PACOCK, S.M. DEW, 1983
A genetic analysis of the concentrations of blood metabolites and their relationships with stage and live weight gain in young British Friesian bulls.
Livestock Prod. Sci. 10, 1-16
- SARTIN, J.L., K.A. CUMMINS, R.J. KEMPPAINEN, R. CARNES, D.G. McCLARY, J.C. WILLIAMS, 1985
Effect of propionate infusion on plasma glucagon, insulin and growth hormone concentrations in lactating dairy cows.
Acta Endocrinol. 109, 348-354
- SCHEUNERT, A., A. TRAUTMANN, 1976
Lehrbuch der Veterinärphysiologie.
Verlag Paul Parey, Berlin (6. Auflage)
- SIDHU, K.S., R.S. EMERY, 1972
Regulation of blood fatty acids and glycerol in lactating cows.
J. Dairy Sci. 55, 926-930

- SMITH, R.D., W. HANSEL, C.E. COPPOCK, 1976
Plasma growth hormone and insulin during early lactation
in cows fed silage based diets.
J. Dairy Sci. 59, 248-253
- SPENCER, G.S., 1985
Hormone systems regulating growth: A review.
Livestock Prod. Sci. 12, 31-46
- STÖBER, M., G. DIRKSEN, 1981
Das Lipomobilisationssyndrom (Verfettungssyndrom) der
Milchkuh.
Collegium veterinarium 1981, 79-88
- THILSTED, S.H., 1985
Regulation of the partition of nutrients in the dairy cow
in late pregnancy and early lactation.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde. 53, 10-18
- TRENKLE, A., 1972
Radioimmunoassay of plasma hormones: Review of plasma insulin
in ruminants.
J. Dairy Sci. 55, 1200-1211
- UNGER, R.H., 1972
Insulin/Glucagon ratio.
Israel J. Med. Sci. 8, 252-257
- VASILATOS, R., P.J. WANGSNESS, 1979
Changes in concentrations of insulin, growth hormone and
metabolites in plasma with spontaneous feeding in lacta-
ting dairy cows.
J. Nutr. 110, 1479-1487
- VASILATOS, R., P.J. WANGSNESS, 1981
Diurnal variations in plasma insulin and growth hormone
associated with two stages of lactation in high produ-
cing dairy cows.
Endocrinol. 108, 300-304

VEITINGER, W., 1983

Untersuchungen über die Insulinfunktion zu Beginn der Laktation bei Kühen der Rassen Holstein-Friesian und Deutsches Fleckvieh.

Diss. med. vet., München

VERNON, R.G., D.J. FLINT, 1983

Control of fatty acid synthesis in lactation.

Proc. Nutr. Soc. 42, 315-328

WALSH, D.S., 1980

Relationship between milk production and circulating hormones in dairy cows.

J. Dairy Sci. 63, 290-294

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. Kräußlich für die Überlassung des Themas und die mir jederzeit gewährte Unterstützung.

Herrn Prof. Dr. Dr. habil. F. Graf danke ich für die stets gewährte, freundliche Unterstützung und Beratung bei der Durchführung der Versuche und Anfertigung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Dr. habil. K. Osterkorn sowie Herrn Stanglmeier sei für die Hilfe bei den statistischen Auswertungen herzlich gedankt.

Besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Meyer für die Beratung sowie Herrn Beckstein für die tatkräftige, sorgfältige Mithilfe bei der Durchführung der Versuche.

Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Frau B. Aman, Frau Dötterl und Frau Henning für die Durchführung der Laborarbeiten.

LEBENS LAUF

Name: Anton Karg

Geburtsdatum : 12. August 1961

Geburtsort: Kempten/Allgäu

Eltern: Remig Karg, Landwirt
Berta Karg, geb. Holderied

Schulaus-: 1967-1970 Grundschule Betzigau
bildung 1970-1971 Grundschule Ruderatshofen
1971-1980 Peter Dörfler-Gymnasium Markt-
oberdorf

Wehrdienst: 1980-1981

Universitäts-: 1981-1986 Studium der Tiermedizin an der
ausbildung Ludwig-Maximilians-Universität München
12.01.1987 Approbation als Tierarzt
seit Okt. 1986 Anfertigung der vorliegenden
Doktorarbeit am Lehrstuhl für Tierzucht der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Beruf: seit Jan. 1987 Freier Mitarbeiter in der
Tierarztpraxis Dr. F. Lederle, Bidingen

